

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robotiky

Zařízení pro ovíjení palet

Equipment for Wrapping Pallets

Student:

Bc. Lukáš Hoza

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra robotiky

## Zadání diplomové práce

Student:	<b>Bc. Lukáš Hoza</b>
Studijní program:	N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor:	2301T013 Robotika
Téma:	<b>Zařízení pro ovíjení palet</b> Equipment for Wrapping Pallets
Jazyk vypracování:	čeština

### Zásady pro vypracování:

1. Proveďte analýzu současného stavu řešené problematiky.
2. Na základě této analýzy navrhnete možné varianty řešení a proveďte jejich srovnání.
3. Vybranou variantu detailně rozpracujte.
4. Práci doplňte podrobnou technickou a výpočtovou dokumentací. Výkresovou dokumentaci vypracujte dle pokynů vedoucího práce.
5. Práci též doložte v elektronické podobě ve formátu MS WORD a konstrukční řešení v CAD systému (dle pokynů vyučujícího).

### Seznam doporučené odborné literatury:

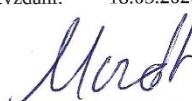
1. Burkovič, J. *Projektování a provoz RTP*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2004. 110 s. ISBN 80-248-0709-2.
2. Talácko, J.-Matička, R. *Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů*. ČVUT, Praha, 1995. 236 s. ISBN 80-01-01291-3.
3. Burkovič, J. *Navrhování robotizovaných montážních linek*. 1. vyd. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2008. 163 s. ISBN 978-80-24-1869-6.
4. ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
5. ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Milan Mihola, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



prof. Dr. Ing. Petr Novák  
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

## **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18.05.2020



.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 20.05.2020



.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Lukáš Hoza

Adresa trvalého pobytu autora práce: Podvihov, Polomská 26

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

HOZA, L. Zařízení pro ovíjení palet: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robotiky, 2020. Vedoucí práce: Ing. Milan Mihola, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá návrhem zařízení pro automatické balení palet do stretch fólie. Byla provedena analýza současného trhu s těmito stroji na základě, které byly vypracovány tři varianty možného řešení. Pomocí vícekritériální analýzy pak byla vybrána vítězná varianta, která je v práci podrobně rozpracována a popsána. K práci byla rovněž vypracována výpočtová a technická dokumentace a detailní 3D model.

## **ANNOTATION OF MASTER THESIS**

HOZA, L. Equipment for wrapping pallets: master thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Robotics, 2020. Thesis head: Ing. Milan Mihola, Ph.D.

The diploma thesis deals with the design of equipment for automatic packaging of pallets into stretch film. Based on analysis of the current available devices on market, three variants of a possible solution were designed. The best variant was selected with the help of multi-criteria analysis. This variant is detailly elaborated and described in the thesis. Computational and technical documentation and a detailed 3D model were also prepared for the work.

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval celé katedře robotiky a především panu doc. Ing. Milanu Miholovi, Ph.D. a panu Ing. Václavu Krysovi, Ph.D., kteří mi do života během studia předali mnoho užitečných informací a odkazů na kvalitní stránky dodavatelů komponent, které konstruktérům dokážou velmi usnadnit život. Dále pak panu prof. Dr. Ing. Vladimíru Mostýnovi za kvalitní vysvětlení problematiky pevnostních analýz a mechanismů v systému Creo Parametric, který jsem při práci využíval. Největší dík pak patří mým rodičům za podporu při studiu.

# Obsah

<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>10</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>13</b>
<b>Seznam použitých značek a symbolů .....</b>	<b>14</b>
<b>Slovník termínů .....</b>	<b>16</b>
<b>Úvod .....</b>	<b>17</b>
<b>1 Analýza řešené problematiky .....</b>	<b>18</b>
1.1 Ovíjecí stroje s otáčející se paletou .....	18
1.1.1 Poloautomatické s točnou .....	18
1.1.2 Automatické ovinovací stroje s točnou .....	21
1.2 Ovíjecí stroje se stacionární paletou .....	23
1.2.1 Poloautomatické ovíjecí stroje se stacionární paletou – Ovinovací robot ...	24
1.2.2 Poloautomatické ovíjecí stroje se stacionární paletou – Rotační rameno ....	25
1.2.3 Automatické ovíjecí stroje se stacionární paletou – Rotační rameno .....	26
1.2.4 Automatické ovíjecí stroje se stacionární paletou – Prstenec .....	29
1.3 Používané balicí fólie .....	30
1.3.1 Stretch fólie pro strojní balení .....	31
<b>2 Balený produkt .....</b>	<b>32</b>
2.1 Specifikace parametrů krabice plechovek .....	32
2.2 Specifikace parametrů palety .....	33
<b>3 Požadavkový list .....</b>	<b>36</b>
3.1 Pracoviště .....	36
3.2 Požadavky na konstrukci .....	37
<b>4 Varianty řešení .....</b>	<b>38</b>
4.1 Varianta 1 Točna .....	38
4.2 Varianta 2 Rameno .....	40
4.3 Varianta 3 Prstenec .....	41
<b>5 Výběr optimální varianty .....</b>	<b>43</b>
5.1 Rozbor kritérií .....	43
5.2 Závěr analýzy .....	47
5.3 Externí analýza .....	47
<b>6 Detailní 3D model vítězné varianty .....</b>	<b>49</b>



6.1	Rám.....	49
6.2	Vozík s fólií .....	50
6.2.1	Komponenty vozíku.....	51
6.2.2	Spodní deska .....	52
6.2.3	Zadní deska .....	52
6.2.4	Horní deska .....	52
6.2.5	Napínací válečky.....	53
6.2.6	Brzdný válec .....	53
6.2.7	Elektromagnetická brzda .....	53
6.2.8	Řízení .....	55
6.2.9	Držák fólie .....	56
6.3	Rotor .....	57
6.3.1	Použité profily a komponenty .....	57
6.3.2	Definování pohybu.....	58
6.3.3	Výběr vhodného vedení .....	60
6.4	Návrh pohonné jednotky pro rotor .....	63
6.5	Mechanismus uchopení a řezání fólie .....	66
6.6	Kabeláž .....	69
6.7	Sensory a bezpečnost.....	70
6.7.1	Sensory pro polohu baleného produktu .....	70
6.7.2	Poloha rotoru.....	71
6.7.3	Světelné závory proti vniknutí osob .....	72
6.8	Blokové schéma zapojení .....	73
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>74</b>
	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>79</b>
	<b>Přílohy .....</b>	<b>83</b>

## Seznam obrázků

Obr. 1 Ovinovací stroj s točnou [1] .....	19
Obr. 2 SAVING MACHINE TP [2] .....	19
Obr. 3 SD-1650FTP [3] .....	20
Obr. 4 YK2000FHZ-PL [4] .....	21
Obr. 5 YK2000FZ-PL-DM [5] .....	22
Obr. 6 Technoplat 2000 [6].....	23
Obr. 7 Master plus M80 FRD [7] .....	24
Obr. 8 Durapack Rotating Arm stretch [8] .....	25
Obr. 9 ROTARY-W FR [9] .....	26
Obr. 10 HELIX 1 [10].....	27
Obr. 11 ALPHA WA [11].....	28
Obr. 12 HELIX 3 [12].....	28
Obr. 13 Octopus [13] .....	29
Obr. 14 Genesis HS 50-2 [14] .....	30
Obr. 15 LLDPE fólie [15].....	31
Obr. 16 Model baleného produktu.....	32
Obr. 17 Balený produkt v reálu .....	33
Obr. 18 Balený produkt .....	33
Obr. 19 Loading Meter dle [19].....	34
Obr. 20 Standartní přívěs .....	34
Obr. 21 Paleta s plechovkami .....	35
Obr. 22 Parametry.....	35
Obr. 23 Příklad pracoviště .....	36
Obr. 24 Varianta 1 točna.....	38
Obr. 25 Točna a rám .....	38
Obr. 26 Pohyb vozíků .....	39
Obr. 27 Varianta 2 rameno .....	40
Obr. 28 Rotor s vozíky.....	40
Obr. 29 Varianta 3 Prstenec .....	41

---

Obr. 30 Support s prstencem.....	41
Obr. 31 Prstenec s vozíkem .....	42
Obr. 32 3D model .....	49
Obr. 33 Rám.....	50
Obr. 34 Rotor s vozíky.....	50
Obr. 35 Vozík s fólií .....	51
Obr. 36 Vozík bez krytu .....	51
Obr. 37 Základna .....	52
Obr. 38 Detail profilu.....	52
Obr. 39 Horní deska.....	53
Obr. 40 Elektromagnetická brzda [25] .....	53
Obr. 41 Moment v závislosti na proudu .....	55
Obr. 42 A-Star 32U4 Prime SV microSD [24].....	55
Obr. 43 Encoder.....	56
Obr. 44 Trn .....	56
Obr. 45 Popis rotoru.....	57
Obr. 46 Nosný profil [31] .....	57
Obr. 47 Profil 80x80 [32] .....	58
Obr. 48 Vzpěra [33].....	58
Obr. 49 Montážní desky vedení.....	58
Obr. 50 Průběh pohybu.....	59
Obr. 51 Vzorce z katalogu, Příloha C:.....	60
Obr. 52 Lineární osa HT-L Příloha C:.....	61
Obr. 53 Parametry vedení .....	62
Obr. 54 Vedení.....	62
Obr. 55 Brzdná síla .....	63
Obr. 56 Rozměry.....	64
Obr. 57 Rozklad sil .....	64
Obr. 58 Parametry rotoru .....	65
Obr. 59 Rotační osa [26].....	65
Obr. 60 Uchycení rotoru .....	66

---

---

Obr. 61 Chapadlo [27] .....	67
Obr. 62 Parametry osy .....	67
Obr. 63 Rotační osa [28].....	67
Obr. 64 Rotace řezáku .....	67
Obr. 65 Trafo [29].....	68
Obr. 66 Parametry Trafa .....	68
Obr. 67 Odporový drát [30] .....	68
Obr. 68 Princip sběracích kroužků .....	69
Obr. 69 Sběrací kroužek [34].....	69
Obr. 70 Vedení kabeláže.....	70
Obr. 71 Jednopaprskové světelné závory [36].....	70
Obr. 72 Laserové sensory .....	71
Obr. 73 Bezpečnostní relé [35] .....	71
Obr. 74 Popis osy .....	72
Obr. 75 Rozmístění světelných zábran .....	72
Obr. 76 Bezpečnostní světelné závěsy a zrcadlo [37], [38].....	73
Obr. 77 Zjednodušené schéma zapojení .....	73

---

## Seznam tabulek

Tab. 1	Rozměry plechovek [18].....	32
Tab. 2	Určení kritérií.....	43
Tab. 3	Kritérium 1.....	43
Tab. 4	Kritérium 2.....	44
Tab. 5	Kritérium 3.....	44
Tab. 6	Kritérium 4.....	45
Tab. 7	Kritérium 5.....	45
Tab. 8	Kritérium 6.....	45
Tab. 9	Významnost .....	46
Tab. 10	Stupnice hodnocení.....	46
Tab. 11	Porovnání .....	47
Tab. 12	Určení kritérií.....	47
Tab. 13	Určení preferencí .....	48
Tab. 14	Porovnání .....	48
Tab. 15	Hodnoty napětí vybraných mat.....	54
Tab. 16	Parametry brzdy [25] .....	55
Tab. 17	Parametry osy .....	61
Tab. 18	Parametry osy .....	66
Tab. 19	Parametry drátu.....	69

## Seznam použitých značek a symbolů

$k_i$	Nenormovaná váha $i$ -tého kritéria	[-]
$n$	Počet kritérií	[-]
$p_i$	Pořadí $i$ -tého kritéria	[-]
$V_i$	Normovaná váha $i$ -tého kritéria	[-]
$F_b$	Síla pro napínání fólie	[N]
$T_s$	Koeficient pružnosti fólie	[-]
$t$	Tloušťka fólie	[mm]
$L$	Délka fólie	[mm]
$M_b$	Krouticí moment brzdy	[Nm]
$D$	Průměr válce fólie	[mm]
$S$	Dráha pohybu	[mm]
$a$	Zrychlení	[m/s <sup>2</sup> ]
$S_{roz}$	Dráha rozjezdu	[mm]
$S_{brz}$	Dráha brždění	[mm]
$t_{roz}$	Čas rozjezdu	[s]
$t_{brz}$	Čas brždění	[s]
$t_{ust}$	Čas ustáleného pohybu	[s]
$v_{max}$	Maximální rychlost	[m/s]
$F_v$	Výsledná síla pro lineární jednotku	[N]
$F_{xdyn}$	Dynamická síla v ose $x$	[N]
$F_{xstat}$	Statická síla od zatížení vozíkem	[N]
$F_i$	Potřebná síla pro překonání odporů	[N]
$m_{load}$	Hmotnost vozíku	[kg]
$m_{carriage}$	Hmotnost desky vedení	[kg]
$F_y$	Síla působící ve směru osy $Y$	[N]

---

$F_x$	Síla působící ve směru osy X	[N]
$F$	Celková síla napínání fólie	[N]
$M_b$	Celkový brzdňý moment rotoru	[Nm]
$\varepsilon$	Úhlové zrychlení	[s <sup>-2</sup> ]
$\Omega$	Úhlová rychlost	[rad·s <sup>-1</sup> ]
$J_c$	Moment setrvačnosti	[Kg*m <sup>2</sup> ]

## Slovník termínů

**Loading meter** je standardizovaná jednotka měření velikosti nákladového prostoru kamiónu. Jeden loading metr odpovídá objemu jednoho metru prostoru návěsu.

**Stretch fólie** je obalový materiál používaný při automatickém balení palet. Tyto fólie se vyznačují svou průtažností, díky které jsou schopny fixovat balený produkt k paletě.

**PROFINET** je průmyslová komunikační sběrnice určená pro řídicí systémy v oblasti průmyslové automatizace, je vystavěn na základech průmyslového Ethernetu.

**Světelné závory** jsou tvořeny vysílačem a přijímačem světelného paprsku. Tvoří neviditelnou bariéru a jsme díky nim schopni monitorovat daný prostor.

**Creo Parametric** je software pro tvorbu 3D modelů.



## Úvod

Automatické balení palet je zejména pro firmy produkující tisíce výrobku denně velmi atraktivní. Tyto stroje jsou schopny během velmi krátké doby automaticky připravit zabalený produkt k expedici a umožňují tak zvládat vysoké nároky na produktivitu nynějších automatických linek.

Práce se zabývá návrhem automatického balicího systému, který bude schopen zabalit paletu s produktem do jedné minuty, a to včetně jejího přijetí a odjetí z místa balení. Návrh vychází z analýzy aktuální situace na trhu s komerčně dostupnými balicími systémy, legislativy pro přepravu nákladu v EU a vlastností materiálů používaných při balení.

Na základě této analýzy byly vypracovány tři možné varianty řešení. Každá varianta je založena na jiném principu a byl kladen důraz na snížení času potřebného k zabalení produktu. Pomocí vícekritériální analýzy byla vybrána vítězná varianta, která byla detailně rozpracována.

Při jejím návrhu bylo využito dostupných komponent na trhu a brán ohled na bezpečnost obsluhy. Byl vytvořen její detailní 3D model v systému Creo parametric a zpracována výpočtová a technická dokumentace která zaručuje vhodnost vybraných komponent. Jejich zapojení pak bylo znázorněno na zjednodušeném schématu.

K vybraným částem sestavy byly vypracovány technické výkresy. Na závěr byly dva díly podrobeny pevnostní analýze a vyhodnoceny.

# 1 Analýza řešené problematiky

Rešerše se zabývá aktuální nabídkou komerčně dostupných ovíjecích zařízení na trhu.

Tyto zařízení poloautomaticky nebo zcela automaticky ovíjejí Euro palety takzvanou stretch fólií, která chrání a fixuje výrobky při přepravě. Díky nim jsme schopni dosáhnout větší produktivity balení, efektivnosti a úrovně zabalení. Kapacita automatických balících strojů je až 90 palet za hodinu (při výšce 0,5m).

Ovíjecí zařízení by se daly rozdělit do dvou základních skupin podle konstrukce na zařízení kdy se balený produkt otáčí a fólie je na něj namotávána a na zařízení kdy balený produkt stojí a fólie je kolem něj ovíjena. Dále se pak dělí na poloautomatické a automatické. U poloautomatických je nutná obsluha, kdežto automatické je možné zakomponovat do automatických balících linek.

## 1.1 Ovíjecí stroje s otáčející se paletou

U strojů, kdy dochází k otáčení palety je většinou konstrukce tvořena otočnou základnou a vertikálním vedením, na které se pohybuje vozík s mechanismem pro odvíjení a ustřížení fólie. U automatických zařízení je pak základna vybavena ještě posuvem palety a je tak možno je spojit s dopravníkem.

Tyto zařízení mají výhodu v malém zástavbovém prostoru, v jejich jednodušší konstrukci a relativně snadné integraci do balící linky. Mezi velké nevýhody pak patří fakt, že při otáčení může dojít k rozsypaní či spadnutí balených produktů a je nutno je před samotným ovinutím fólií fixovat například páskami nebo přítlačným zařízením.

### 1.1.1 Poloautomatické s točnou

Tyto systémy jsou určeny pro méně náročné provozy s nižšími kapacitami balených palet. Obsluha musí paletu na balící místo dovést a po zabalení zase odvézt. Jsou tvořeny kruhovou otočnou základnou a svislým vedením, na kterém se pohybuje vozík s balící fólií.

Při ovinování je paleta v pohybu a v případě nestabilního nákladu hrozí spadnutí. Tuto nevýhodu je možné řešit použitím horního přítlaku, elektrickou kontrolou napnutí stretch fólie, regulací otáček či pomalým rozjezdem točny. Další nevýhodou je pak omezená nosnost točny.

Jako příklad je uveden stroj od firmy Robopack, model MASTERPLAT PLUS FRD viz. Obr. 1. Tento stroj je vyráběn se dvěma různými ovinovacími jednotkami pro větší a menší rozměr fólie, možností doplnění o vrchní stabilizátor nákladu. Umožňuje taky regulaci otáček točny, regulaci síly předeprnutí fólie a napojení na online správu a servis. Nevýhodou je pak omezená nosnost základny.



Obr. 1 Ovinovací stroj s točnou [1]

- Kapacita – 25 palet/h
- Rychlost ovíjení – 5-12 ot/min
- Max. hmotnost palety – 2000 kg
- Max. výška palety – 3100 mm
- Provozní napětí – 230 V

Jako další stroj je uveden stroj SAVING MACHINE TP viz. Obr. 2, od firmy Technopack. Oproti předešlému příkladu má upravenou točnu pro snadný nájezd s paletovým vozíkem nebo ještěrkou. Jeho další výhodou je kloubové uchycení sloupu, které nabízí velkou úsporu místa při přepravě a jeho opětovnou snadnou montáž.



Obr. 2 SAVING MACHINE TP [2]

- Kapacita – 25 palet/h
- Rychlost ovíjení – 3-12 ot/min
- Max. hmotnost palety – 1200 kg
- Max. výška palety – 2100 mm
- Provozní napětí – 230 V

Posledním vybraným příkladem poloautomatických ovinovacích strojů s točnou je model SD-1650FTP firmy Sumda Packaging Equipment. Viz Obr. 3. Je vybaven ramenem s přítlačným mechanismem, který umožňuje stabilizaci baleného produktu při otáčení točny.



Obr. 3 SD-1650FTP [3]

- Kapacita – 40 palet/h
- Rychlost ovíjení – 4-16 ot/min
- Max. hmotnost palety – 2000 kg
- Max. výška palety – 1800 mm
- Provozní napětí – 220 V AC

### 1.1.2 Automatické ovinovací stroje s točnou

Automatické ovinovací stroje s točnou jsou uzpůsobeny k integraci do balících linek či k napojení na dopravník. Oproti poloautomatickým strojům mají točnu vybavenou posuvem, který umožňuje dopravu palety na balící místo a následně její odvezení. Mají složitější konstrukci a mohou být naprogramovány podle potřeb balící linky.

Při ukončení cyklu se fólie pomocí ramene s přitlačnou klapkou přilepí na balený produkt a pomocí rozžhaveného drátu uřeže. Klapka pak stále drží fólii a je připravena na příjezd další palety.

Jako příklad byl zvolen stroj od firmy Xupack. Viz. Obr. 4



Obr. 4 YK2000FHZ-PL [4]

- Kapacita – 30 palet/h
- Rychlost ovíjení – 0-15 ot/min
- Max. hmotnost palety – 2000 kg
- Max. výška palety – 2400 mm
- Rychlost posuvu – až 12 m/min
- Provozní napětí – 380 V

Další příklad je rovněž od firmy Xupack a jedná se o model YK2000FZ-PL-DM, viz. Obr. 5. Tento ovíjecí stroj je připraven v souladu s konceptem průmyslu 4.0. Jeho točnu tvoří válečky s motorem uvnitř jako u některých dopravníků.

Jeho hlavní výhodou je pak možnost produkt zabalit i seshora díky hornímu ramenu s posuvem.



Obr. 5 YK2000FZ-PL-DM [5]

- Kapacita – 30 palet/h
- Rychlost ovíjení – 0-15 ot/min
- Max. hmotnost palety – 1500 kg
- Max. výška palety – 1800 mm
- Rychlost posuvu – až 12 m/min
- Provozní napětí – 220 V

Poslední příklad automatických ovíjecích strojů s točnou je produkt firmy Unipack s názvem TECHNOPLAT 2000 PDS, viz. Obr. 6.

Jedná se přímo o ovinovací linku s poháněným dopravníkem. Linka disponuje automatickou úchopovou, svařovací a řezací jednotkou, která zároveň také předejde fólii.



Obr. 6 Technoplat 2000 [6]

- Kapacita – 25 palet/h
- Rychlost ovíjení – 4-15 ot/min
- Max. hmotnost palety – 1500 kg
- Max. výška palety – 2400 mm
- Rychlost posuvu – až 12 m/min
- Provozní napětí – 230 V

## 1.2 Ovíjecí stroje se stacionární paletou

Pro ovíjení palety, která se nepohybuje je na trhu několik možných konstrukcí. Opět by se daly rozdělit na poloautomatické a automatické. Díky tomu že paleta stojí a nepůsobí na ni žádné dynamické síly je možné dosáhnout vyšších rychlostí balení a je odstraněn problém se spadnutím balených produktů.

Konstrukce automatických je pak oproti strojům s točnou rozměrově větší, jelikož je nutné zajistit rotační pohyb kolem ovíjené palety. Nabízí však větší produktivitu a taky možnost montáže ke stropu.

Poloautomatické ovinovací stroje pro stacionární paletu představují servisní roboty, které automaticky objíždějí paletu položenou na zem a díky vertikálnímu posuvu vozíku s fólií jsou schopny paletu rovnoměrně obalit. Jejich výhodou je možnost ovíjení palety kdekoliv na rovné podlaze a nehrají zde roli rozměry a váha balené palety.

Patří zde také ovíjecí stroje s rotačním ramenem, které jsou montovány přímo do podlahy nebo stěny. Vynikají svou prostorovou nenáročností v klidovém stavu.

### 1.2.1 Poloautomatické ovíjecí stroje se stacionární paletou – Ovinovací robot

Jsou to autonomní elektrická zařízení, která ovíjí libovolně velké palety s rychlostí až 65 m/min. Jsou schopny ovinout až 150 palet na jedno nabití. Disponují dotykovým displejem pro snadné nastavení způsobu ovíjení, světelnou a zvukovou signalizací pohybu a nouzovým tlačítkem pro okamžité vypnutí.

Jako příklad byl vybrán ovíjecí robot MASTER PLUS firmy Robopack, viz. Obr. 7.



Obr. 7 Master plus M80 FRD [7]

- Rychlost pojezdu – 35-65 m/min
- Rychlost pojezdu fólie – 1-4.6 m/min
- Počet palet na jedno nabití – 150
- Minimální rozměr baleného předmětu – 600x600 mm
- Max. výška baleného předmětu – 2200 mm



### 1.2.2 Poloautomatické ovíjecí stroje se stacionární paletou – Rotační rameno

Tyto stroje rovněž nejsou omezeny hmotností balených předmětů, avšak jejich rozměrem už ano. Dají se montovat na stěnu nebo k podlaze a v klidové pozici zabírají velmi málo prostoru. Jsou vhodné pro těžké a nestabilní produkty pro provozy s nižší produktivitou.

Jako příklad je uveden stroj firmy Durapack viz. Obr. 8.



Obr. 8 Durapack Rotating Arm stretch [8]

- Rychlost otáčení ramene – 4-12 ot/min
- Rychlost pojezdu vozíku s fólií – 1.6-4.4 m/min
- Maximální rozměr palety – 1000 x 1200 mm
- Maximální výška palety – 2200 mm
- Provozní napětí – 230 V

Jako příklad ovíjecího stroje s montáží na stěnu je uveden model ROTARY-W FR od firmy Robopack, viz. Obr. 9. Jeho výhodou je minimální zástavbový prostor.



Obr. 9 ROTARY-W FR [9]

- Rychlost otáčení ramene – 7-12 ot/min
- Rychlost pojezdu vozíku s fólií – 2.5-5.5 m/min
- Maximální rozměr palety – 1400 x 1400 mm
- Maximální výška palety – 2000 mm
- Provozní napětí – 230 V

### 1.2.3 Automatické ovíjecí stroje se stacionární paletou – Rotační rameno

Automatické ovíjecí stroje s rotačním ramenem umožňují přímou integraci do balicí linky. Díky své konstrukci je můžeme nainstalovat prakticky kdekoli nad dopravník. Balení pak probíhá za klidu, kdy paleta stojí a rameno s balicí fólií rotuje kolem.

Jejich výhody oproti automatickým systémům s točnou jsou hlavně v již zmíněném faktu, že nedochází k působení dynamických sil na balený produkt vlivem rotace palety. Mezi další výhody pak patří vyšší produktivita balení, díky možnosti dosažení větších rychlostí rotace ramene. Výhodou také je možnost použít dvě ramena a dvě balicí fólie najednou a zdvojnásobit rychlost balení či tloušťku obalu.

Mezi nevýhody patří nutnost stabilní konstrukce, která bude schopna odolat větším silám vzniklým při rotaci ramene, z čehož plyne taky větší zástavbový prostor než v případě strojů s točnou.

Jako příklad je uveden ovinovací systém HELIX 1 od firmy Unipack, viz. Obr. 10 . Je tvořen ocelovou konstrukcí na čtyřech nohách, která se montuje do země, přímo nad dopravník. Pod dopravník se pak umístí zařízení s pneumatickou klapkou, která chytá fólii po odřezání. Díky své kapacitě 65 palet za hodinu je vhodný i do náročnějších provozů.



Obr. 10 HELIX 1 [10]

- Maximální rozměr palety – 1220 x 1220 mm
- Maximální výška palety – 2000 mm
- Provozní napětí – 380 V
- Kapacita – 65 palet/h
- Provozní tlak vzduchu – 6 bar

Další příklad konstrukce se dvěma rameny je stroj od firmy Joinpack, model ALPHA WA, viz. Obr. 11. Kvůli větším dynamickým silám při pohybu ramen má stroj robustní konstrukci a je vybaven bezpečnostními ploty a senzory. Je taky vybaven senzorem výšky baleného produktu, takže je schopný balit produkty různé výšky bez nutnosti jeho přeprogramování.



Obr. 11 ALPHA WA [11]

- Rychlost otáčení – 4-15 ot/min
- Maximální výška palety – 2400 mm
- Provozní napětí – 220,230,380,415,440 V

Pro nestabilní balené produkty je možné využít stroje s horním přítlakem, díky kterému nedojde k pohnutí s produkty při jejich balení vlivem síly pro předepnutí fólie.

Jako příklad je uveden stroj firmy Robopack HELIX 3, viz. Obr. 12



Obr. 12 HELIX 3 [12]

- Maximální rozměr palety – 1220 x 1220 mm
- Maximální výška palety – 2000 mm
- Provozní napětí – 380 V
- Kapacita – 75 palet/h
- Provozní tlak vzduchu – 6 bar

#### 1.2.4 Automatické ovíjecí stroje se stacionární paletou – Prstenec

Konstrukce těchto strojů tvoří robustní rám, po kterém se vertikálně pohybuje kruhové vedení – prstenec. Na prstenci je umístěn jeden nebo více vozíků s fólií, který se po prstenci pohybuje a obaluje daný produkt.

Stroje s touto konstrukcí dosahují nejvyšší produktivity, jsou rovněž méně náročné na spotřebu energií a servis. Díky použití více vozíků dochází k fixaci balených produktů již od začátku a je tak zajištěna jejich lepší stabilita.

Jako příklad byl vybrán produkt firmy Mullerles s názvem Octopus, Obr. 13



Obr. 13 Octopus [13]

- Maximální rozměr palety – 1220 x 1220 mm
- Maximální výška palety – 2400 mm
- Provozní napětí – 480 V
- Kapacita – 45 palet/h
- Rychlost otáčení – 20 ot/min
- Provozní tlak vzduchu – 80 PSI (5.5 bar)

Jako další příklad je uveden nejmodernější stroj firmy Robopac s názvem GENESIS HS 50-2, viz. Obr. 14 . Ten je vybaven dvěma vozíky s fólií a dosahuje kapacity až 90 palet za hodinu. Je navržen s ohledem na snížení energetické náročnosti a minimální nutností servisu. Nabízí taky možnost použití překrývací fólie. Dle výrobce jde o nejrychlejší ovinovací stroj na světě.



Obr. 14 Genesis HS 50-2 [14]

- Maximální rozměr palety – 800 x 1220 mm
- Maximální výška palety – 2000 mm
- Provozní napětí – 380 V
- Kapacita –150 palet/h
- Rychlost otáčení – 50 ot/min
- Provozní tlak vzduchu – 6 Bar

### 1.3 Používané balicí fólie

Na trhu se vyskytuje několik typů fólií pro balení. Jsou rozděleny dle jejich použití, typu a rozměrů. Zde je jejich základní rozdělení.:

- Průtažné stretch fólie pro ruční i strojní balení

- Teplem smrštitelné fólie – pro balení menších balíků, např. letáku.
- Bublínkové fólie – zajišťují lepší ochranu produktů
- Překrývací fólie – určeny k ochraně zboží i seshora

V následující kapitole se budu věnovat pouze fóliím určeným přímo ke strojnímu ovinování.

### 1.3.1 Stretch fólie pro strojní balení

Tyto fólie jsou oproti fóliím používaných při ručním balení hrubší, někdy vícevrstvé, dokážou se více natáhnout a vyvinout tak větší sílu a zajistit lepší stabilitu produktů. Bývají rovněž vybaveny tenkou vrstvou lepidla na vnitřní straně pro dokonalé zabalení. Předepnout fólii je možné většinou od 150 do 350 %. Jejich výška je většinou od 125 do 500 mm a tloušťka od 15 do 23  $\mu\text{m}$ . Vyrábí se taky s různým vnitřním průměrem dutinky. Používaný materiál je PE (polyethylen) nebo modernější LLDPE (lineární nízkouhlíkový polyethylen), který má menší hustotu a je tak lehčí.

Jako příklad je uvedena pětivrstvá strojní stretch fólie z LLDPE s vnitřní lepivostí o šířce 500 mm a tloušťce 15  $\mu\text{m}$ . Její maximální průtažnost je 250 % a její hmotnost je 18 kg, viz. Obr. 15.



Obr. 15 LLDPE fólie [15]

## 2 Balený produkt

Balený produkt představuje dřevěná normalizovaná Euro paleta nesoucí krabice plechovek. Krabice obsahuje 24 kusů plechovek o objemu 330ml.

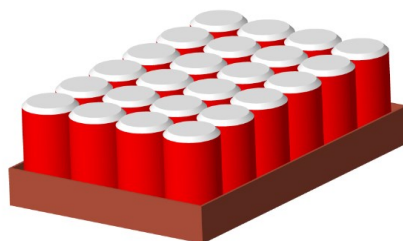
### 2.1 Specifikace parametrů krabice plechovek

Na základě normovaných rozměrů plechovky [18], informací od distributora produktu na internetu, byl sestaven 3D model baleného produktu s odpovídajícími rozměry a materiálovými vlastnostmi. Díky svým rozměrům je toto pláto ideální pro balení na europaletě.

Tab. 1 Rozměry plechovek [18]

Tělo plechovky	Objem plechovky	Výška plechovky	Vnější průměr plechovky	Průměr krku plechovky	Typ Uzávěru
Std.	300 ml	106,27 mm	66,3 mm	52,4 mm	SOT 202
Std.	330 ml	115,20 mm	66,3 mm	52,4 mm	SOT 202
Std.	330 ml	115,20 mm	66,3 mm	57,4 mm	SOT 206
Std.	350 ml	122,22	66,15 mm	52,4 mm	SOT 202

- Hmotnost – 9.6 kg
- Rozměry – 388 x 260x 117 mm
- Materiál obalu – lakovaný karton, koeficient tření  $f = 0,27$ , viz.: [17]



Obr. 16 Model baleného produktu





Obr. 17 Balený produkt v reálu

## 2.2 Specifikace parametrů palety

Pláta plechovek mají rozměr, kdy se tři krát šířka rovna dvakrát délce a umožňuje uložit produkt tak, aby se vzájemně provázal a zaručil tak maximální stabilitu při ideálním rozložení na paletě, viz.: Obr. 18.



Obr. 18 Balený produkt

Rozměry palety – 800x1200x144 mm. Rozměry a váhu nákladu udává tzv. nákladový metr. Je to standardní jednotka měření nákladu pro dopravu kamionem v Evropě. Jeden nákladový metr je jeden metr délky nákladového prostoru. Protože standardní šířka návěsu je 2,4m, jeden nákladový metr je tedy  $2,4\text{m}^2$ .

Udává se zde taky maximální hmotnost na jeden nákladový metr, která je 1850 kg. Maximální hmotnost Europalety je pak stanovena dle odkazu 80 na 740 kg.

Standartní výška návěsu kamionu v Evropě se pak pohybuje od 2,55 do 2,7 m. Pro Europaletu je pak stanovena maximální výška 2,2 m.

## Loading Meter (LDM), Width & Height

### Loading Meter definition

A loading meter is the standard unit of measurement for transport by truck. one loading meter is 1 meter of loading space of a truck's length.

### What does this mean?

When the approx. width of a truck is 2.4 m, 1 loading meter is approx. 2.4 m<sup>2</sup> (2.4 m wide x 1 m long).

### General size of trucks in Europe

In Europe the general length for trucks like tautliners is 13.6 meters, in this category MEGA, BOX and FRIGO can be included.

Height varies from 2.55 – 2.70 meter and the width is usually 2.45 meter.

### Blok Pallet

Size: 1.00 x 1.20 meter (0,5 loading meter)

Max. height: 2.20 meter

Max. weight: 925 kg

### Europallet

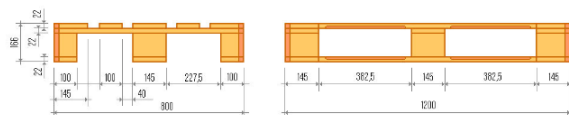
Size: 0.80 x 1.20 meter (0,4 loading meter)

Max. height: 2.20 meter

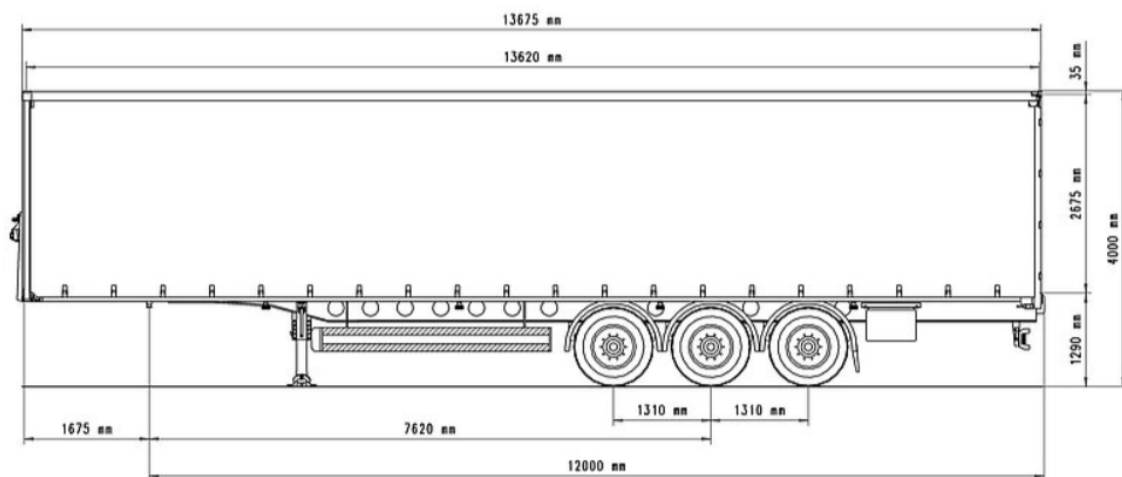
Max. weight: 740 kg

**Note:** The maximum weight per loading meter is 1.850 kg

'EP = Euro pallet with dimensions 0.8m (length) x 1.2m (width)

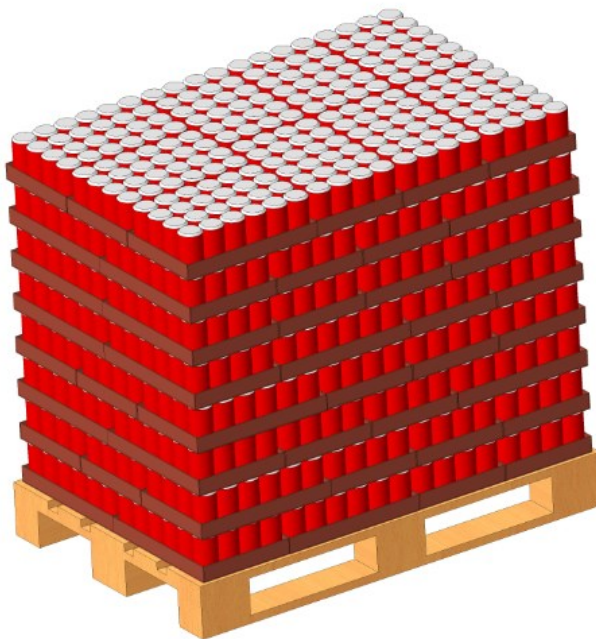


Obr. 19 Loading Meter dle [19]

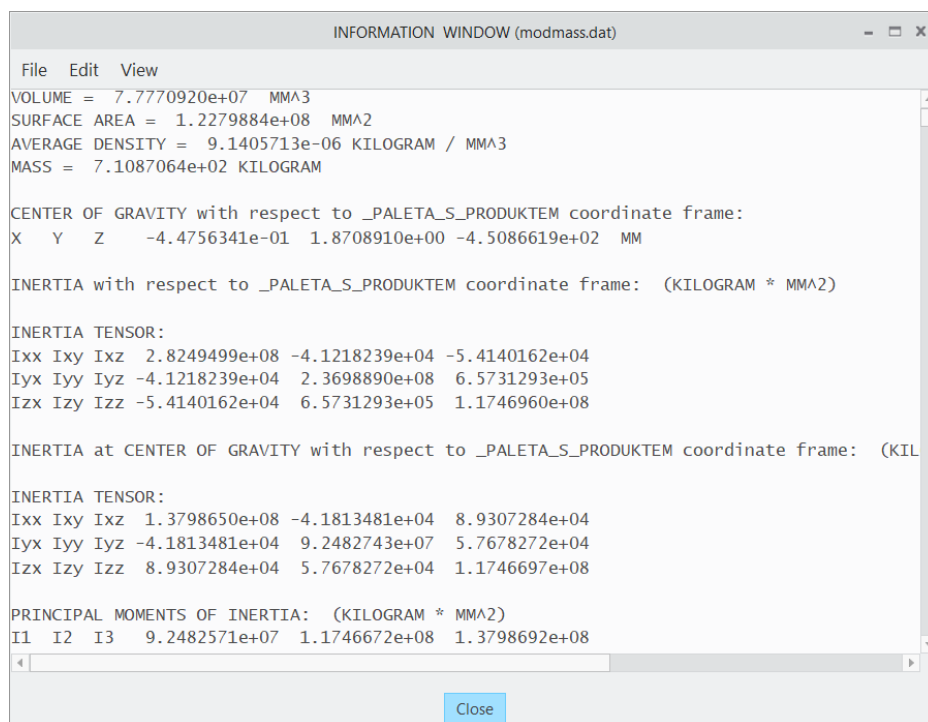


Obr. 20 Standartní přívěs

Na základě těchto informací byl vytvořen autentický 3D model palety s nákladem kartónů 6x4 ks 330ml plechovek Coca Coly. Na paletě je 8 vrstev navzájem provázaných balení. Každá vrstva obsahuje 9 balení po 24 kusech plechovek. Celkem tak paleta nese 1728 plechovek, váží 710 kg a splňuje tak doporučený váhový limit pro přepravu kamiony v Evropě.



Obr. 21 Paleta s plechovkami



Obr. 22 Parametry

### 3 Požadavkový list

Na základě informací o baleném produktu byl vypracován požadavkový list.

#### 3.1 Pracoviště

Pracoviště musí být z hygienických důvodů čisté a klimatizované, pracovníci jsou povinni nosit potravinářské rukavice a síťku na vlasy. Představuje ho průmyslová hala s automatickou linkou, která je schopna naplnit 1800 plechovek za minutu. Je zde použit válečkový dopravník s hnanými válečky, vysoký 300 mm a dosahující rychlosti maximálně 0,4 m/s.



Obr. 23 Příklad pracoviště

- Prostředí – klimatizovaná hala, potravinářský průmysl
- Provoz – 24/7 – výměnu balicí fólie provádí obsluha linky a je na ni vyhrazen čas mezi příjezdem a odjezdem palety, stroj je během tohoto úkonu vypnutý, jednou měsíčně se pak provádí servis linky a strojů
- Doba na zabalení palety – méně než 60 s – vychází z taktu linky, kdy se na jednu paletu vleze 1728 plechovek
- Existující zástavba – linka s dopravníkem – výška 300 mm, šířka 1100 mm
- Energie – vzduch (6 bar a více), elektřina (230 nebo 3x400 V)

### 3.2 Požadavky na konstrukci

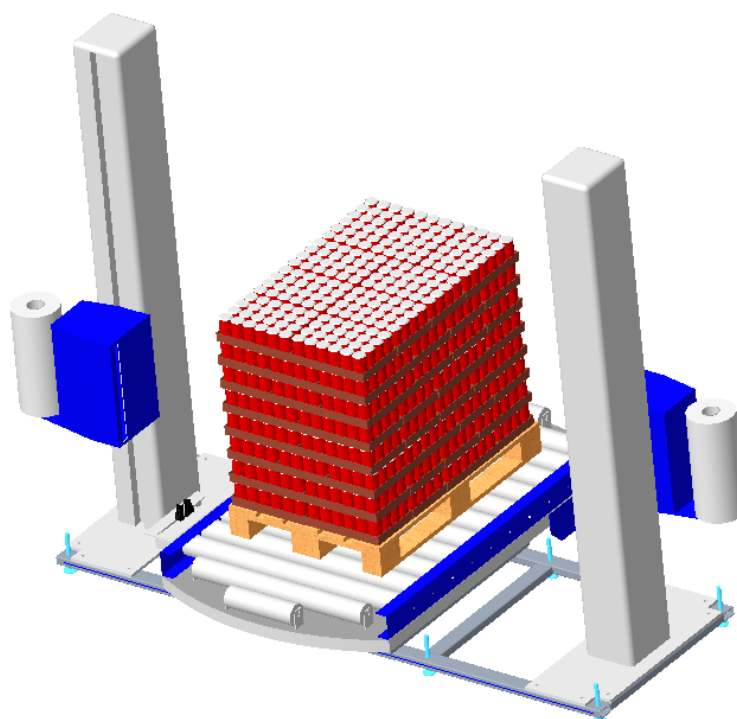
Z výše uvedených poznatků o pracovišti a baleném produktu byly vyspecifikovány požadavky na konstrukci stroje.

- Kapacita – minimálně 60 palet za hodinu – dáno taktem linky
- Minimální výška horizontálního posuvu – 1100 mm – dáno paletou
- Nosnost – minimálně 1000 kg
- Maximální zástavbový prostor – maximálně 4x4 metry
- Maximální spotřeba energií – maximální příkon – 18 kW (nejvyšší dohledaný příkon konkurenčních strojů)
- Spolehlivost – vizuální kontrola každý den, jednou týdně pak kontrola a diagnostika stroje seřizovačem
- Možnost výškového nastavení
- Příprava na integraci do linky – mechanická, elektrická, řízení
- Možnost nastavení předepnutí fólie a počtu vrstev
- Možnost volby balicího programu
- Zabezpečení zařízení proti vniknutí osoby na pracoviště během balení
- Senzorická kontrola dojetí palety na místo následně i odjetí, otáčení, známá poloha ramene (indukční snímač – koncová patka)
- Použít pouze elektrické nebo hydraulické pohony
- Možnost připojení do nadřazené řídicí sítě

## 4 Varianty řešení

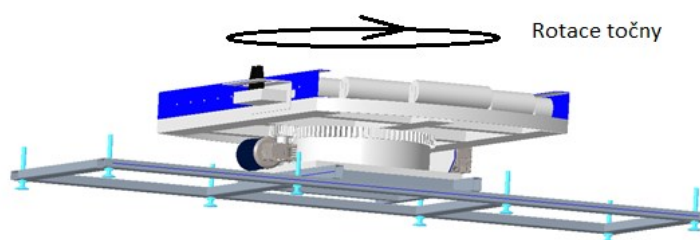
Byly vypracovány tři varianty možností balení palety. Každá z variant vychází ze stejné situace, kdy je produkt pomocí dopravníku dopraven na místo balení a jeho pozice zkontrolována senzorem.

### 4.1 Varianta 1 Točna

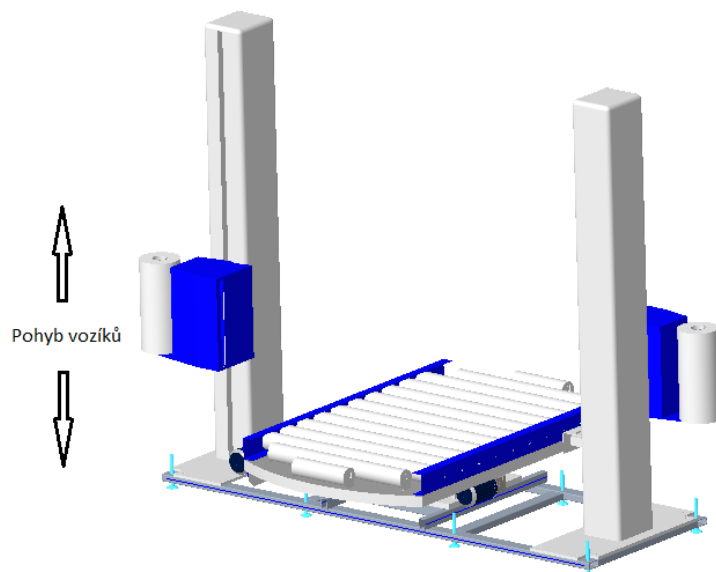


Obr. 24 Varianta 1 točna

První varianta disponuje točnou, kterou tvoří přímo válečkový dopravník. Dopravník je namontován na pohonnou rotační jednotku připevněnou k rámu s možností nastavení výšky, ta mu umožňuje konat rotační pohyb s paletou a navíjet tak vrstvy balící fólie. Pro dodržení taktu linky byly použity dva sloupky s vedením, po kterých se pohybují vozíky.



Obr. 25 Točna a rám

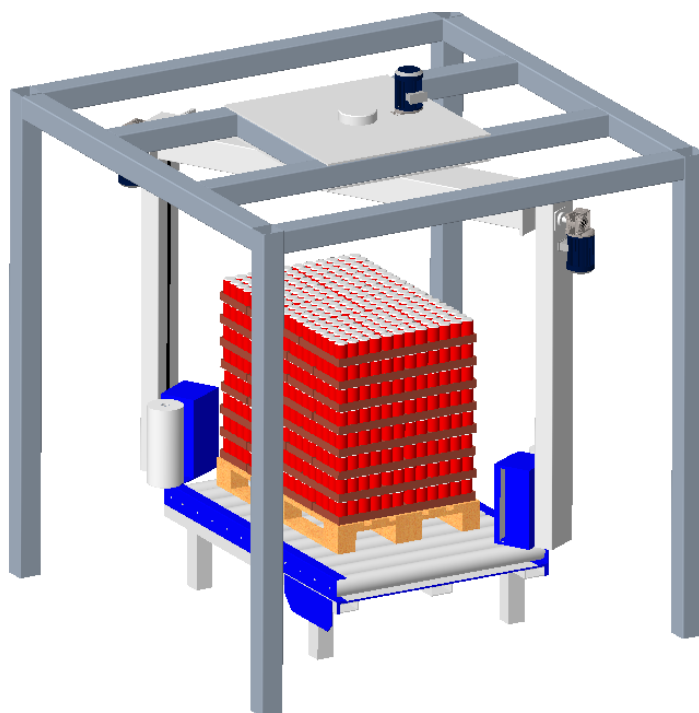


Obr. 26 Pohyb vozíků

Balící fólie je dodávána prostřednictvím dvou vertikálních vozíků. Ve vozíku se nachází trn, na kterém je fólie fixována. Trn se společně s rolí fólie vlivem otáčení točny odvíjí s určitým provozním přepětím, které generuje buďto motor nebo brzda, elektromagnetická či mechanická. Přepětí fólie je nutné pro dostatečné stáhnutí baleného produktu. Z důvodu zvýšení produktivity byly použity dva vozíky.

Po zabalení je fólie fixovaná pneumatickými kleštěmi a uříznuta. Kleště drží fólii na místě a stroj je připraven pro další paletu.

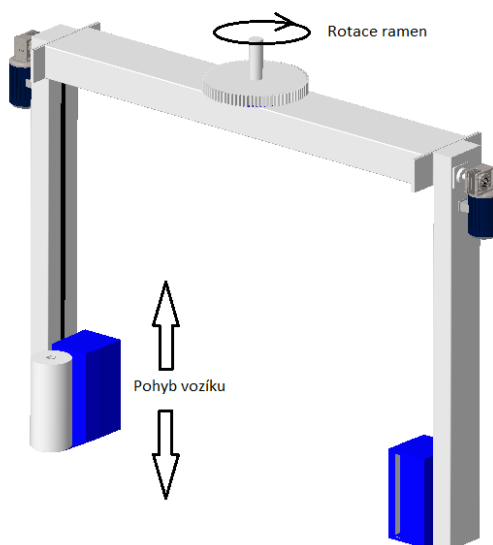
## 4.2 Varianta 2 Rameno



Obr. 27 Varianta 2 rameno

Druhá varianta funguje na jiném principu, kdy je kolem stacionární palety ovíjena fólie. Toto řešení je vhodné zejména pro sypké a lehké produkty.

K robustnímu rámu je připevněn rotor tvořený dvěma rameny, která nesou vozíky s fólií. Ty se pomocí lineárních pohonných jednotek pohybují vertikálně, zatímco se celý rotor otáčí kolem palety.

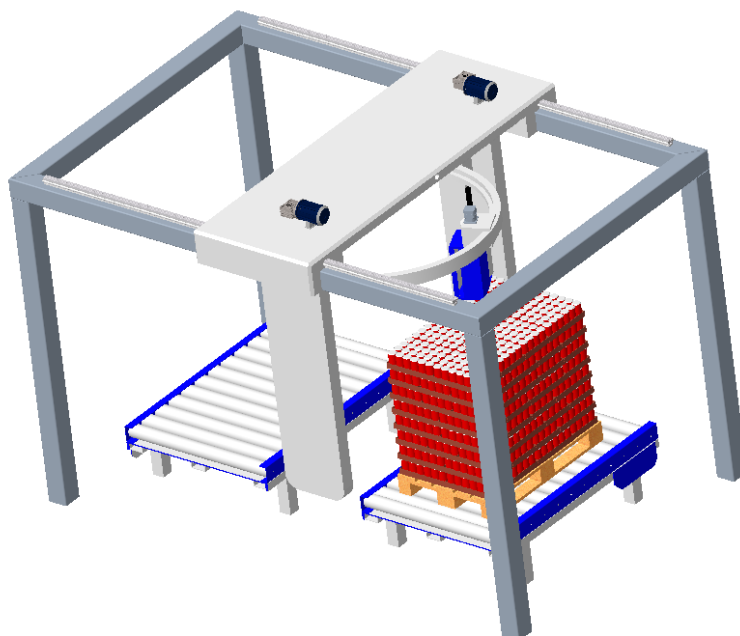


Obr. 28 Rotor s vozíky



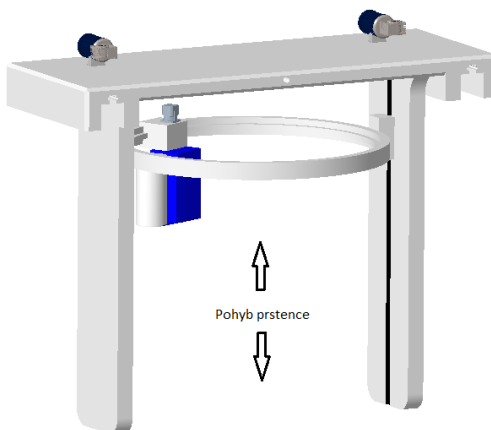
Princip odvíjení fólie je stejný jako v předešlé variantě, změna je pak v držení fólie, kdy může být mechanismus s kleštěmi a řezacím drátem umístěn přímo na vozíku nebo na konstrukci ramene.

### 4.3 Varianta 3 Prstenec

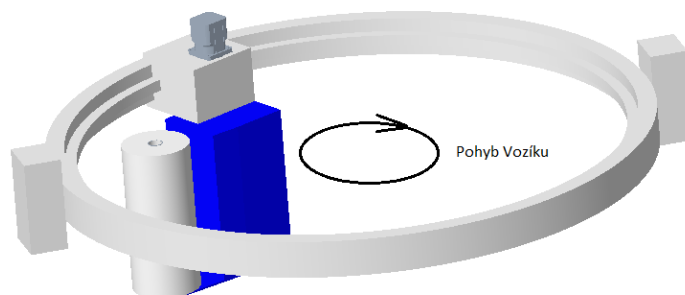


Obr. 29 Varianta 3 Prstenec

Třetí varianta může obsluhovat dva paralelní dopravníky. Má pohyblivý prstenec, který tvoří vedení pro vozík s fólií. Vozík pak po prstenci obíhá a obaluje paletu. Celý prstenec je umístěný na lineárních pohybových jednotkách a jezdí i s vozíkem podél palety. Prstenec s pohybovými jednotkami pak tvoří podélný support, který je schopný přejíždět nad dvěma linkami. Support pohání pohybové jednotky přímo na robustním rámu.



Obr. 30 Support s prstencem



Obr. 31 Prstenec s vozíkem

Vozík nese zařízení pro řezání a opětovné připravení fólie na další balení. Vzhledem k tomu že se pohybuje po prstenci musí být vybaven nějakým typem vedení, například pomocí kladek. Stroje s tímto principem dosahují nejvyšší produktivity, je možné použít více vozíků.

## 5 Výběr optimální varianty

Pomocí vícekritériální analýzy byla vybrána optimální varianta.

- Určení kritérií

Tab. 2 Určení kritérií

Hodnocená kritéria		
Hodnocená kritéria	Název	Popis
K1	Odhadovaná cena	Přibližná kalkulace nákladů na výrobu zařízení
K2	Složitost konstrukce	Počet pohybových os, montáž, transport, servis, podíl nakupovaných dílu vs vývoj vlastního, modulárnost konstrukce
K3	Produktivita	Doba jednoho cyklu – příjezd, balení, odjezd
K4	Zástavbový prostor	Potřebná plocha v m <sup>2</sup> , rozteč mezi paletami
K5	Energetická náročnost	Součet příkonu strojních zařízení
K6	Náročnost údržby	Servis dílu, jak často, kolik komponentů a výměna fólie

### 5.1 Rozbor kritérií

K1 – odhadovaná cena

Ke každé variantě byl vypracován přibližný odhad nákladů na jejich výrobu.

Tab. 3 Kritérium 1

Kritérium	Varianta	Popis
K1	V1	343 160 Kč
	V2	400 200 Kč
	V3	489 325 Kč

K2 – Složitost konstrukce

Zde jsou varianty porovnány podle kritérií jako počet pohybových os, komplikace při montáži, transportu a servisu, podíl nakoupených a vyrobených dílu a modulárnost konstrukce z hlediska snadné výměny.

Tab. 4 Kritérium 2

Kritérium	Varianta	Popis
K2	V1	Méně náročná konstrukce, tři pohybové osy. Díky rozebíratelné konstrukci jednoduchý transport. Problém s otáčením palety – nutnost konstrukce robustní točny s výkonnějším motorem. Možnost pádu produktu vlivem otáčení palety. Lepší přístup při servisu.
	V2	Složitější konstrukce, nutnost robustnějšího rámu, tři pohybové osy, složitější transport a montáž vlivem rozměrného rámu stroje. Menší rotující hmoty než v první variantě. Horší přístup při servisu, hlavně rotační osy ramene. Rovněž možno vyměnit celé vozíky.
	V3	Nejsložitější konstrukce, rozměrný rám, čtyři pohybové osy, na transport a montáž potřeba hodně místa. Velká výhoda v možnosti obsluhy více dopravníků, malé rotující hmoty, avšak náročnější konstrukce kruhového vedení s vozíkem a taky náročný servis.

## K3 – Produktivita

Produktivitou je myšlen čas jednoho cyklu. Cyklus tvoří příjezd produktu na místo balení a ověření jeho pozice pomocí snímače, přitisknutí fólie na balený produkt a následné balení (ovlivněno počtem vrstev fólie, jejím předepnutím a rychlostí rotace). Dále pak uříznutí a přitisknutí fólie a odjezdem zabaleného produktu s kontrolou, že opustil balicí prostor, případně i kvalitu zabalení. U jednotlivých variant bude porovnáván pouze samotný proces balení, protože začátek a konec cyklu je u všech variant stejný.

Tab. 5 Kritérium 3

Kritérium	Varianta	Popis
K3	V1	Pomalejší balení vlivem delšího rozjezdu a brzdění
	V2	Možno dosáhnout vyšších rychlostí a kratších dob rozjezdu a brzdění
	V3	Díky nejmenším rotujícím hmotám v kombinaci s použitím více vozíku najednou možno dosáhnout nejlepší produktivity

## K4 – Zástavbový prostor

Zástavbový prostor představuje minimální plochu pro montáž stroje. Údaje jsou převzaty ze systému Creo Parametric. Je zde taky uvažováno s potřebnou roztečí mezi příjíždějícími paletami, a to tak aby nedošlo k naražení ramene do další palety.

Tab. 6 Kritérium 4

Kritérium	Varianta	Popis
K4	V1:	Rozměr podstavy stroje 5,76 m <sup>2</sup> . Nutná menší rozteč mezi paletami z důvodu menšího rozměru točny
	V2	Rozměr podstavy stroje 6,25 m <sup>2</sup> . Tato konstrukce potřebuje větší rozteč než první varianta z důvodu rotujících ramen s větším poloměrem otáčení než má točna
	V3	Rozměr podstavy stroje 10 m <sup>2</sup> . Rozteč palet je v tomto případě podobná jako u druhé varianty

## K5 – Energetická náročnost

Energetická náročnost je určena počtem a typem použitých motorů. Jelikož ve fázi tvorby koncepce variant nemám přesné informace pro návrh vhodných motorů jsou údaje převzaty od výrobců strojů a slouží jen jako orientační.

Tab. 7 Kritérium 5

Kritérium	Varianta	Popis
K5	V1	6 kW
	V2	8 kW
	V3	12 kW

## K6 – Náročnost údržby

Zde jsou srovnány nutné operace při servisu jednotlivých strojů, jejich časová náročnost a složitost výměny fólie. U všech strojů při každém střídání směn provádí obsluha úklid a vizuální a akustickou kontrolu stroje a je povinen hlásit případné závady či změny v chodu stroje. Jednou týdně pak servisní pracovník provádí diagnostiku stroje a běžný servis komponent. V případě výměny komponent je pak naplánována odstávka stroje. U jednotlivých variant je porovnána náročnost provedení těchto operací.

Tab. 8 Kritérium 6

Kritérium	Varianta	Popis
K6	V1	Z hlediska servisu je tato varianta nejlepší. Komponenty jsou dobře přístupné, jednodušší servis mechanismu pro držení fólie.
	V2	U této varianty je servis složitější z důvodu umístění motoru nahoře rámu. Pohybové jednotky jsou na servis stejně náročné jako u první varianty, avšak je zde složitější mechanismus pro přilepení fólie na produkt.
	V3	Tato varianta je z hlediska servisu nejnáročnější. Je zde více komponent a jsou na nepřístupných místech. Balicí mechanismus má složitou konstrukci s horším přístupem. Lineární pohybové jednotky jsou více namáhány.

- Určení významností kritérií
- Určení počtu preferencí daných kritérií
- Vyhodnocení pořadí kritérií podle počtu preferencí podle vztahu

$$k_i = n + 1 - p_i \quad (1)$$

Kde:  $k_i$  - nenormovaná váha i-tého kritéria [-]

$n$  - počet kritérií [-]

$p_i$  - pořadí i-tého kritéria v jeho preferencích uspořádání [-]

- Výpočet normované váhy ze vztahu

$$V_i = \frac{k_i}{\sum_{n=1}^n k_i} \quad (2)$$

Tab. 9 Významnost

Kritérium	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Preference	$p_i$	$k_i$	$v_i$
<b>K1</b>	-	1	1	1	1	6	4	1.	6	0,285
<b>K2</b>	1	-	2	4	5	6	5	3.	4	0,19
<b>K3</b>	1	2	-	4	5	6	2	2.	5	0,238
<b>K4</b>	1	4	4	-	4	6	1	5.	2	0,095
<b>K5</b>	1	2	5	5	-	6	0	6.	1	0,047
<b>K6</b>	6	6	6	6	6	-	3	4.	3	0,14
$\Sigma$									21	1

- Metoda bodování

Tab. 10 Stupnice hodnocení

Stupnice hodnocení	
Vysoká úroveň	10
-	.
-	.
Nepříznivý stav	1

- Přidělení bodů variantám v jednotlivých kritériích
- Výpočet hodnoty varianty a určení pořadí

Tab. 11 Porovnání

Č.	Kritérium	Váha	V1	V2	V3
1	Odhadovaná cena	0,23809524	8	7	5
			<b>1,905</b>	<b>1,667</b>	<b>1,190</b>
2	Složitost konstrukce	0,28571429	8	8	4
			<b>2,286</b>	<b>2,286</b>	<b>1,143</b>
3	Produktivita	0,14285714	6	8	9
			<b>0,857</b>	<b>1,143</b>	<b>1,286</b>
4	Zástavbový prostor	0,0952381	7	6	4
			<b>0,667</b>	<b>0,571</b>	<b>0,381</b>
5	Energetická náročnost	0,04761905	7	6	4
			<b>0,333</b>	<b>0,286</b>	<b>0,190</b>
6	Přizpůsobitelnost produkci	0,19047619	6	7	8
			<b>1,143</b>	<b>1,333</b>	<b>1,524</b>
	$\Sigma$		7,190	7,286	5,714
	Pořadí		<b>2.</b>	<b>1.</b>	<b>3.</b>

## 5.2 Závěr analýzy

Dle vícekritériální analýzy je vítězem varianta číslo 2, avšak s malým náskokem.

Proto jsem oslovil kolegu, který pro mě rovněž provedl vícekritériální analýzu variant.

## 5.3 Externí analýza

Po neprůkazném výsledku mnou provedené analýzy byl požádán kolega, aby pro mě vypracoval analýzu dle jeho preferencí.

Tab. 12 Určení kritérií

Hodnocená kritéria		
Hodnocená kritéria	Název	Popis
K1	Odhadovaná cena	Přibližná kalkulace nákladů na výrobu zařízení
K2	Složitost konstrukce	Počet pohybových os, montáž, transport, servis, podíl nakupovaných dílů vs vývoj vlastního, modulárnost konstrukce

K3	Produktivita	Doba jednoho cyklu – příjezd, balení, odjezd
K4	Zástavbový prostor	Potřebná plocha v m <sup>2</sup> , rozteč mezi paletami
K5	Energetická náročnost	Součet příkonu strojních zařízení
K6	Náročnost údržby	Servis dílu, jak často, kolik komponentů a výměna fólie

Tab. 13 Určení preferencí

Kritérium	K1	K2	K3	K4	K5		K6	Preference	p <sub>i</sub>	k <sub>i</sub>	v <sub>i</sub>
K1	-	1	1	1	1		6	3	3.	6	0,190
K2	1	-	2	4	5		6	5	1.	4	0,286
K3	1	2	-	4	5		6	4	2.	5	0,238
K4	1	4	4	-	4		6	1	5.	2	0,095
K5	1	2	5	5	-		6	0	6.	1	0,048
K6	6	6	6	6	6		-	2	4.	3	0,143
Σ										21	1

Tab. 14 Porovnání

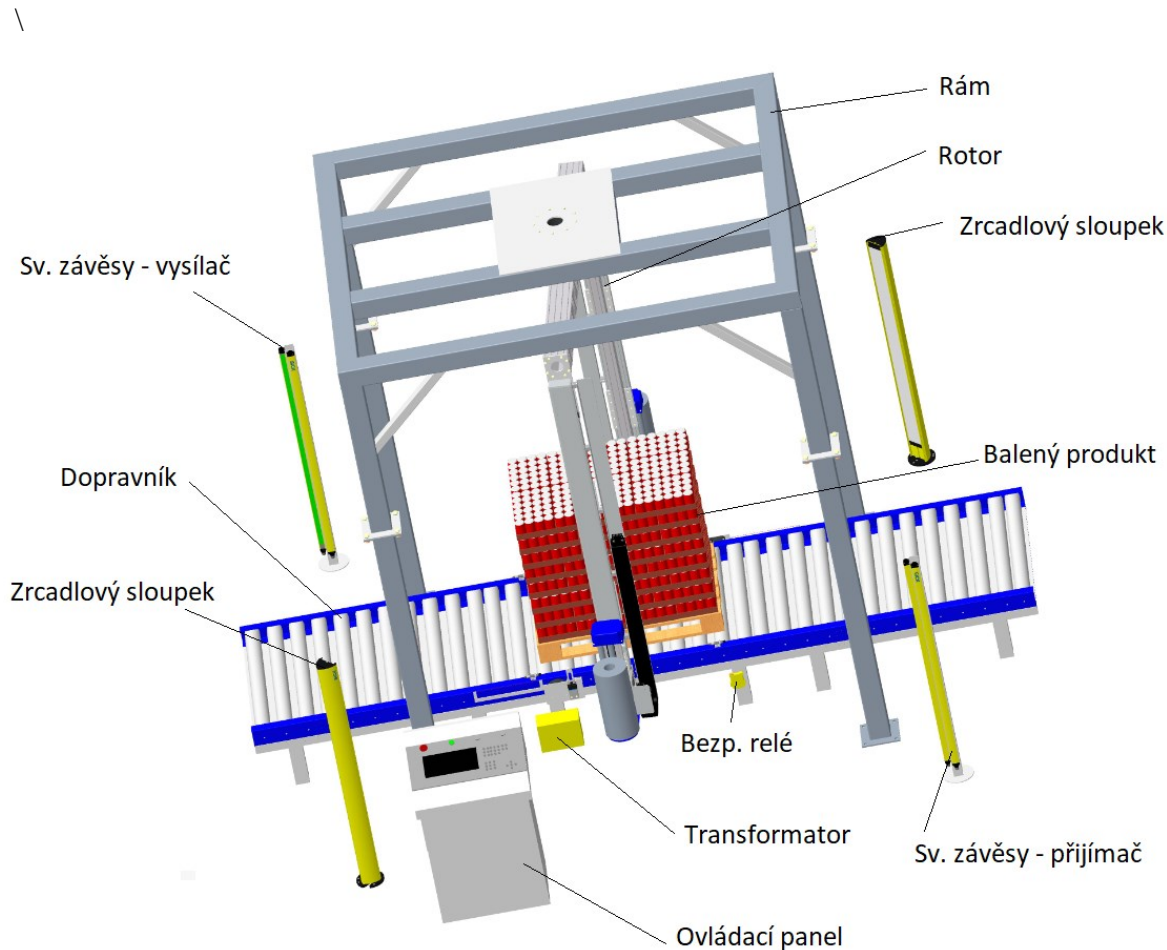
Č.	Kritérium	Váha	V1	V2	V3
1	Odhadovaná cena	0,190	9	8	6
			<b>1,714</b>	<b>1,524</b>	<b>1,143</b>
2	Složitost konstrukce	0,286	8	7	5
			<b>2,286</b>	<b>2,000</b>	<b>1,429</b>
3	Produktivita	0,238	7	9	10
			<b>1,667</b>	<b>2,143</b>	<b>2,381</b>
4	Zástavbový prostor	0,095	7	6	4
			<b>0,667</b>	<b>0,571</b>	<b>0,381</b>
5	Energetická náročnost	0,048	8	8	5
			<b>0,381</b>	<b>0,381</b>	<b>0,238</b>
6	Přizpůsobitelnost produkci	0,143	6	8	9
			<b>0,857</b>	<b>1,143</b>	<b>1,286</b>
	Σ		7,571	7,762	6,857
	Pořadí		<b>2.</b>	<b>1.</b>	<b>3.</b>

Dále tedy budu rozpracovávat variantu číslo 2.



## 6 Detailní 3D model vítězné varianty

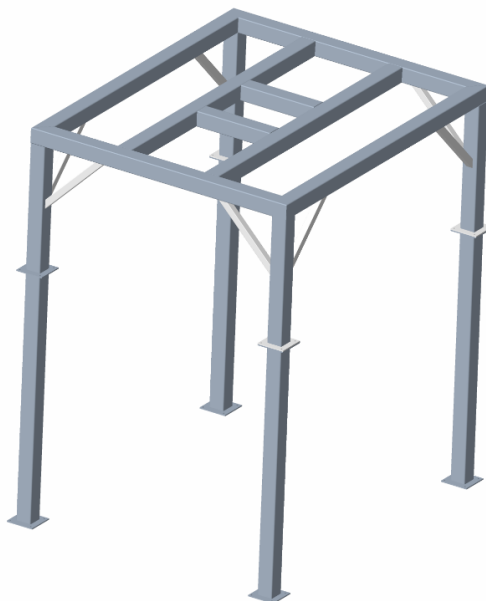
Byl vytvořen detailní 3D model vítězné varianty. V této kapitole se budu věnovat jeho popisu.



Obr. 32 3D model

### 6.1 Rám

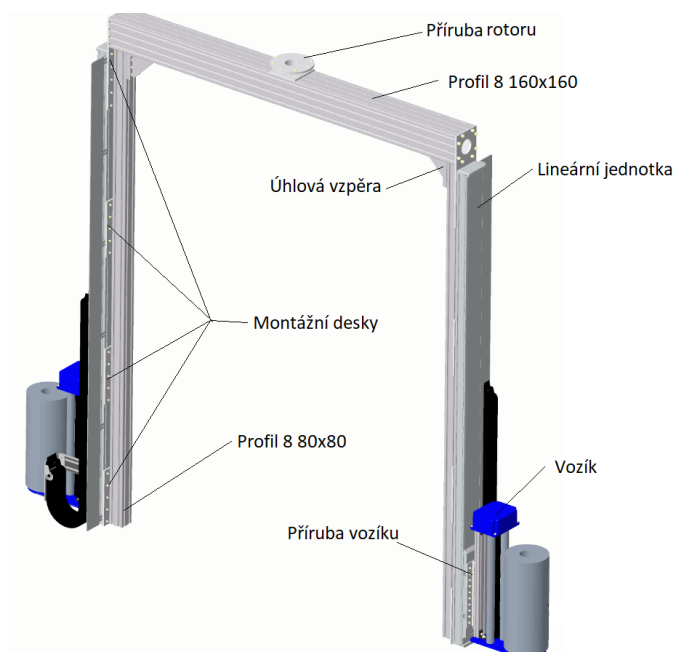
Rám tvoří svařovaná konstrukce z ocelových profilů 140x140x 6 mm, jeho celkové rozměry jsou 3x2,5 m a na výšku má 3,45 m. Kvůli transportu je rozdělen na horní část a čtyři nohy, které se pomocí přírub a šroubů smontují dohromady. Horní část o rozměrech 2,5 x 3 x 1,2 m a nohy které se k horní části pomocí přírub přišroubují. Rám je v rozích vyztužen vzpěrami z profilů 40x60x4 mm.



Obr. 33 Rám

## 6.2 Vozík s fólií

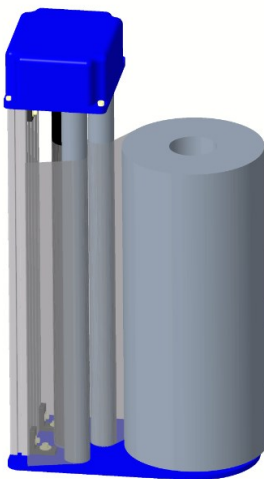
Návrh stroje vychází z konstrukce vozíku, který nese fólii a zajišťuje její odvíjení s předepnutím. Vozík je umístěn na lineárních pohybových jednotkách a tvoří rotor. Jeho pohyb nahoru a dolů pak dovoluje rovnoměrně obalit balený produkt fólií po celé délce.



Obr. 34 Rotor s vozíky

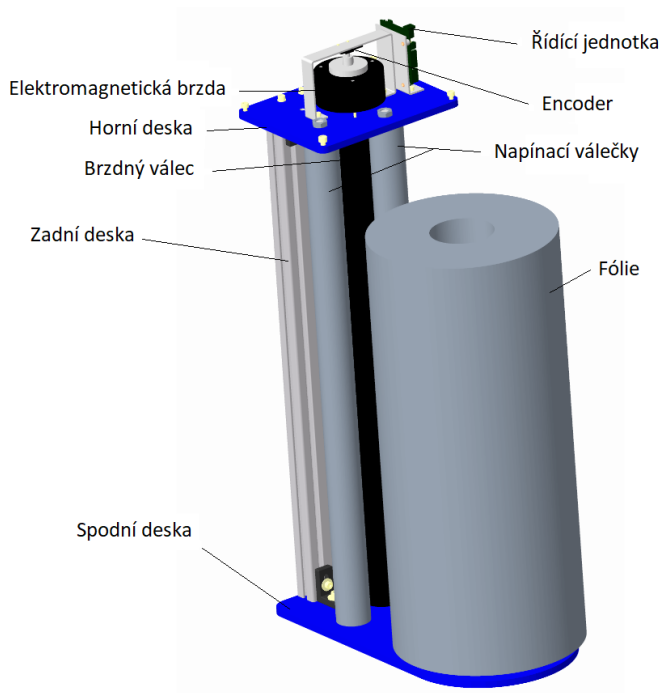
Celkové rozměry: 380 x 200 x 702 mm

Hmotnost: 10,95 Kg bez fólie, s fólií 27,98 Kg



Obr. 35 Vozík s fólií

Při konstrukci vozíku byl brán ohled na jednoduchost a nízkou hmotnost, většina dílů vozíku je proto nakupovaných a je použito především hliníkových dílů. Na obrázku Obr. 36 je vidět vozík bez horního krytu.



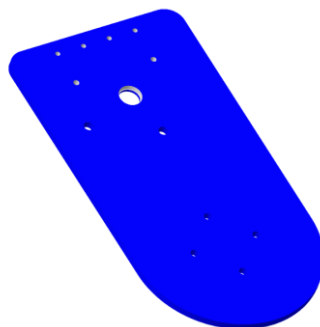
Obr. 36 Vozík bez krytu

### 6.2.1 Komponenty vozíku

Detailní popis a parametry společně s odkazy na nakupované díly.

### 6.2.2 Spodní deska

Tato deska tvoří základ vozíku, nese fólii a jsou k ní namontovány brzdové a vodící válce. Je to hliníkový plech o tloušťce 8 mm a rozměrech 380x200 mm pro zajištění dostatečné tuhosti. Jeho tvar je řezán vodním paprskem, díry jsou pak vrtány na CNC frézce.



Obr. 37 Základna

### 6.2.3 Zadní deska

Na základní desku je pomocí čtyř šroubů a dvou rohových spojek uchycen hliníkový profil od firmy Item24, viz [20]. Tvoří nosnou část celého vozíku a díky drážkám a speciálním T maticím nabízí ideální možnost pro následnou montáž na lineární vedení.

Na obrázku Obr. 38 Je vidět detail použitého profilu. Jeho délka je 600 mm.

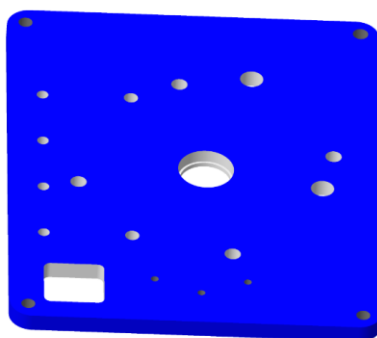


Profil 6 120x30 L							6
A [cm <sup>2</sup> ]	m [kg/m]	I <sub>x</sub> [cm <sup>4</sup> ]	I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]	I <sub>t</sub> [cm <sup>4</sup> ]	W <sub>x</sub> [cm <sup>3</sup> ]	W <sub>y</sub> [cm <sup>3</sup> ]	
11,53	3,11	10,82	152,65	8,97	7,21	25,44	
přírodní odstín, přířez max. 6 000 mm							0.0.419.08
přírodní odstín, 1 kus à 6 000 mm							0.0.451.39

Obr. 38 Detail profilu

### 6.2.4 Horní deska

Tato deska slouží jako horní základna, do které jsou montovány další komponenty. Jde o hliníkovou desku o tloušťce 8 mm a rozměrech 200x160 mm. Stejně jako spodní základna je řezána vodním paprskem a jsou do ní vrtány díry. Obdélníková díra pak slouží pro vedení kabeláže.



Obr. 39 Horní deska

### 6.2.5 Napínací válečky

Tyto válečky slouží k vedení a napnutí fólie okolo brzdného válce. Byly použity dopravníkové válečky o průměru 40 mm a standartní délce 600 mm a váže cca 500 g. Tyto válečky dodává firma JVMetal, viz [21]. Firma nabízí možnost nakonfigurovat si válečky podle potřeby. Bylo zvoleno zakončení válečku závitovou tyčí a pomocí matic jsou přišroubovány k základní a horní desce.

### 6.2.6 Brzdný válec

Tento válec o průměru 50 mm a délce 600 mm je vyráběný a zajišťuje předepnutí fólie. Je uložen ve dvou kuličkových ložiskách s kosoúhlým stykem, viz [22], pro zachycení axiálních sil vzniklých při pohybu vozíku. Jeho povrch je pogumovaný pro zvýšení tření mezi folií a válcem. Pomocí pera je spojen s elektromagnetickou brzdou a pro získání informací o odvíjení fólie je k jeho konci připevněn encoder.

### 6.2.7 Elektromagnetická brzda

Elektromagnetická brzda slouží jako zdroj brzdného momentu a zajišťuje tím napnutí fólie při ovíjení, aby bylo zboží dostatečně fixováno.



Obr. 40 Elektromagnetická brzda [25]

## Volba brzdy

Byla zvolena na základě informací v katalogu firmy Golpretech, viz [25]. V katalogu je znázorněn postup návrhu brzdy a potřebných komponent pro možnost ovládání a kontrolování správného napnutí fólie. Udávají také informace o základních materiálech používaných při balení, jako například Specifické hodnoty napětí pro správné napnutí fólie při odvíjení.

Tab. 15 Hodnoty napětí vybraných mat.

### ANLEITUNG ZUR AUSLEGUNG DER BREMSE/KUPPLUNG GUIDE FOR BRAKE/CLUTCH SELECTION

#### BAHNZUGWERTE FÜR TYPISCHE MATERIALIEN SPECIFIC TENSION VALUES FOR TYPICAL CONVERTING MATERIALS

Papier / Paper						
Flächengewicht g/m <sup>2</sup> / Weight g/m <sup>2</sup>	10	30	60	100	150	200
Bahnzug pro Zentimeter Ts / Web tension per centimeter Ts	0,3	1	2,5	3,2	4	4,8
Zellophan (N/cm per μ Materialstärke) / Cellophane (N/cm for μ of thickness)						0,042
Polyethylen (N/cm per μ Materialstärke) / Polyethylene (N/cm for μ of thickness)						0,02
Polypropylen (N/cm per μ Materialstärke) / Polypropylene oriented (N/cm for μ of thickness)						0,025
Aluminiumfolie (N/cm per μ Materialstärke) / Aluminium foil (N/cm for μ of thickness)						0,025

Pro můj případ je tedy ideální minimální napnutí fólie pro správné odvíjení závislé na materiálu, tloušťce fólie, její šířce a koeficientu z tabulky.

Uvažuji použití strojní průtažné fólie z materiálu Polypropylen s tloušťkou 23 μm a šířkou 50 cm. Koeficient Ts se tedy rovná 0.025

Dle vztahu z katalogu se minimální potřebná síla pro napínání fólie rovná:

$$Fb = Ts * t * L \quad (3)$$

kde Ts představuje koeficient z tabulky, t je tloušťka fólie v μm a L je šířka role.

$$Fb = 0.025 * 50 * 23 = 28.75 \text{ N} \quad (4)$$

Jelikož se strojní fólie dokáže protáhnout až o 220 % bude potřebná síla větší. Při protáhnutí o 220 % je tedy potřebná síla 63.25 N.

Minimální dynamický moment brzdy je pak závislý na průměru válce a síle předeptnutí fólie. V mém případě se jedná o brzdý válec o průměru 50 mm.

$$Mb = \frac{D}{2} * Fb \quad (5)$$

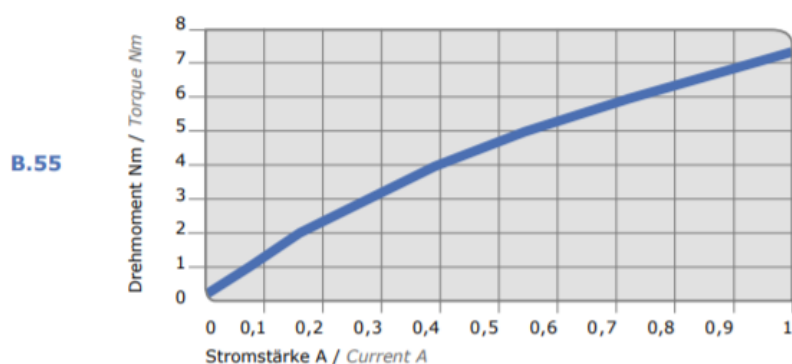
kde D je průměr válce v metrech a Fb je potřebná brzdná síla při protažení 220%.

$$Mb = \frac{0.05}{2} * 63.25 = 1.581 \text{ Nm} \quad (6)$$

Na základě těchto výpočtů byla zvolena brzda B.55 která je konstrukcí vhodnější než brzda B.20 a nabízí větší brzdný moment.

Tab. 16 Parametry brzdy [25]

	B.20	B.53	B.55	B.121 C.121	B.351 C.351	B.651 C.651	B.1201 C.1201	B.1701 C.1701	B.2500 C.2500	B.5000 C.5000
Drehmoment Nm Torque Nm	2	5	5	12	35	65	120	170	250	500
Restdrehmoment Nm Residual torque Nm	0,04	0,3	0,04	0,06	0,2	0,4	0,5	0,5	3	6
Stromstärke A Current A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Widerstand Ohm Resistance Ohm	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Betriebsspannung V Tension V	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24



Obr. 41 Moment v závislosti na proudu

## 6.2.8 Řízení

Jako řídicí jednotku jsem zvolil A-Star 32U4 Prime SV microSD, viz [24]. Zajišťuje ovládání brzdy a sběr signálu z encoderu.



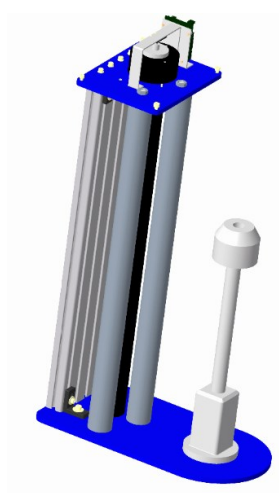
Obr. 42 A-Star 32U4 Prime SV microSD [24]



Obr. 43 Encoder

### 6.2.9 Držák fólie

Role fólie je umístěna na otočném trnu. Jeho spodní část tvoří hranol se zaoblenými hranami. Má o něco větší rozměr než díra papírové trubky a díky tomu fixuje fólii.

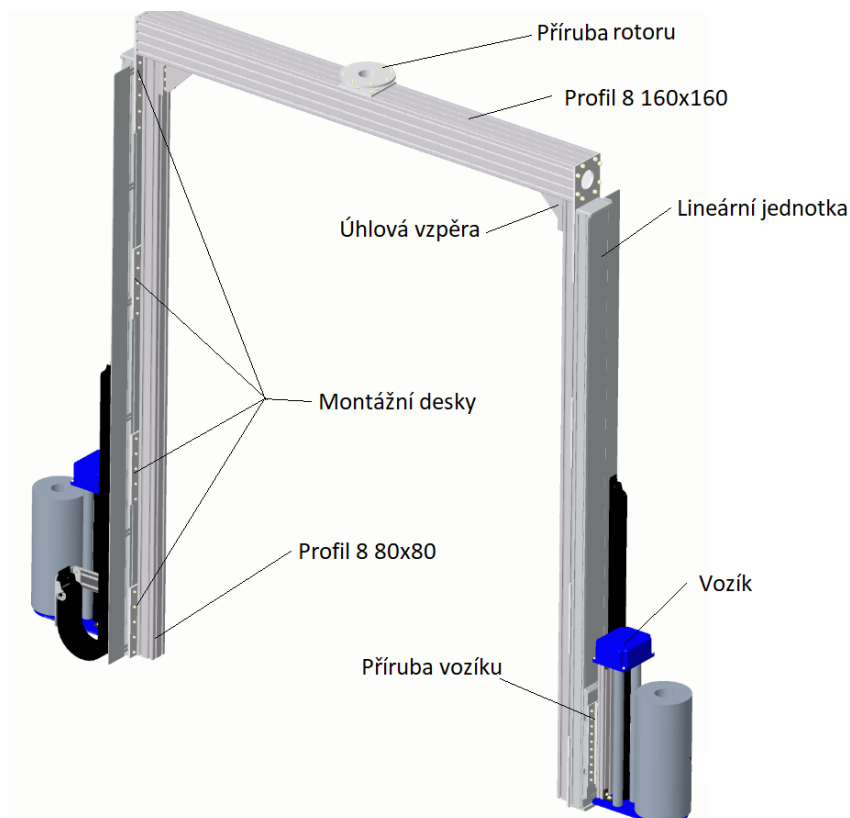


Obr. 44 Trn



## 6.3 Rotor

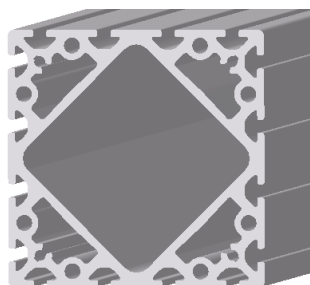
K rámu je následně namontován rotor s pohonnou jednotkou. Rotor je tvořen z profilů Item 24, díky kterým se dá kompletně rozložit.



Obr. 45 Popis rotoru

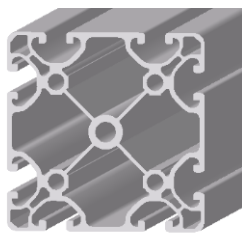
### 6.3.1 Použité profily a komponenty

Hlavní nosný díl, ke kterému je připevněna lineární jednotka tvoří dutý hliníkový profil 160x160 od firmy Item 24, viz. [31]. Skrz tento profil bude vedená kabeláž.



Obr. 46 Nosný profil [31]

K nosnému profilu je přišroubována lineární jednotka, kterou nese hliníkový profil 80x80 rovněž od firmy Item 24, viz. [32].



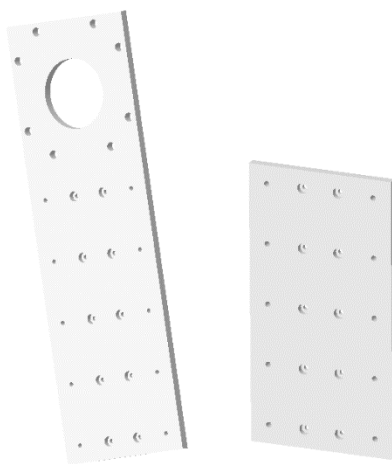
Obr. 47 Profil 80x80 [32]

Oba profily jsou sešroubovány pomocí úhlové vzpěry a montážní desky a zajišťuje tak dostatečnou tuhost celé konstrukce. Viz. [33].



Obr. 48 Vzpěra [33]

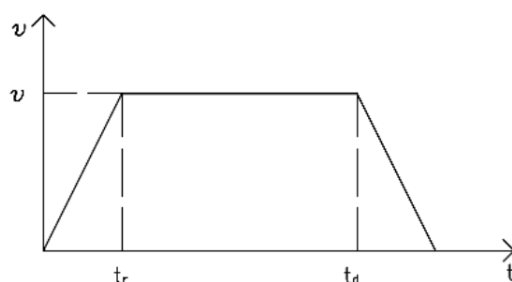
Lineární pohybová jednotka je k profilu přišroubována pomocí montážních desek a T-matic umístěných v drážkách.



Obr. 49 Montážní desky vedení

### 6.3.2 Definování pohybu

Je potřeba definovat pohyb vozíku a zvolit optimální zrychlení pro správný pohyb. Pohyb odpovídá zjednodušené rampové funkci s rozložením dráhy, 10% pro zrychlení do ustálené rychlosti, 80% pohyb ustálenou rychlostí a 10% brždění.



Obr. 50 Průběh pohybu

Čas pro zabalení palety je 60 sekund a je v něm zahrnut příjezd a odjezd palety na místo. Na samotné balení tedy zbývá zhruba 45 sekund. Za tu dobu musí vozík vyjet nahoru a opět zase dolů. Čas na jeden pohyb je tedy 22,5 sekundy.

Výška palety je 1100 mm a představuje dráhu pohybu. Výrobci uvádějí rychlost posuvu vozíku od 1 do 12 m/min což je až 0.2 m/s.

Dáno:

Dráha celková  $S$  [m] = 1,1

Zrychlení  $a$  [m/s<sup>2</sup>] = 0,2

Dráha pro rozběh a brzdění je tedy:

$$S_{roz/brz} = 0,1 * S = 0,1 * 1,1 = 0,11 \text{ m} \quad (7)$$

Dráha ustáleného pohybu je:

$$S_{ust} = 0,8 * S = 0,8 * 1,1 = 0,88 \text{ m} \quad (8)$$

Čas potřebný pro rozběh a brzdění je pak roven:

$$t_{roz/brz} = \sqrt{\frac{2 * S_{roz/brz}}{a}} = \sqrt{\frac{2 * 0,11}{0,2}} = 1,05 \text{ s} \quad (9)$$

Čas ustáleného pohybu

$$t_{ust} = \sqrt{\frac{2 * S_{ust}}{a}} \text{ [s]} = \sqrt{\frac{2 * 0,88}{0,2}} = 2,966 \text{ s} \quad (10)$$

Maximální rychlost je:

$$v_{max} = a * t_{roz/brz} = 0,2 * 0,663 = 0,2 \text{ m/s} \quad (11)$$

Při zrychlení  $0,2 \text{ m/s}^2$  se tedy dostanu na požadovanou rychlost  $0.2 \text{ m/s}$  a celý pohyb bude trvat 5 sekund, což bez problému splňuje zadání.

### 6.3.3 Výběr vhodného vedení

Návrh vychází z informací uvedených v katalogu firmy HIWIN, viz. Příloha C. Uvažuji použití osy s lineárním motorem.

<b>F 3.7</b>	$F_v = F_{x\_dyn} + F_{x\_stat} + F_l$	$F_v$	Required feed force
		$F_{x\_dyn}$	Dynamic feed force [N] (see Formula F 3.3)
		$F_{x\_stat}$	Gravitational force [N] Is exerted by the moving mass on the drive element in a non-horizontal arrangement
		$F_l$	Displacement force of carriage [N] (see the axis' technical data)
<b>F 3.8</b>	$F_{x\_dyn} = (m_{load} + m_{carriage}) \times a$	$m_{load}$	Externally moved mass [kg]
		$m_{carriage}$	Moved carriage mass [kg] (see the axis' technical data)
		$a$	Max. acceleration [ $\text{m/s}^2$ ]
<b>F 3.9</b>	$F_{x\_stat} = (m_{load} + m_{carriage}) \times g \sin(A)$	$g$	Acceleration of gravity [ $\text{m/s}^2$ ]
		$A$	Angle by which the linear axis deviates in travel direction to the horizontal (see Fig. 3.1)

Obr. 51 Vzorce z katalogu, Příloha C:

Potřebná síla je součtem dynamické a statické síly a síly potřebné k překonání odporů vedení.

$$F_v = F_{x\_dyn} + F_{x\_stat} + F_l \quad (12)$$

Dynamická síla  $F_{x\_dyn}$  [N] je závislá na hmotnosti vozíku  $m_{load}$  [kg], hmotnosti montážní desky vedení  $m_{carriage}$  [kg] a zrychlení  $a$  [ $\text{m/s}^2$ ]

$$F_{x\_dyn} = (m_{load} + m_{carriage}) * a \quad (13)$$

Statická síla je pak dána součtem hmotností vozíku  $m_{load}$  [kg] a montážní desky  $m_{carriage}$  [kg] a úhlem náklonu desky a gravitačním zrychlením. V mém případě je úhel náklonu  $90^\circ$ , a  $\sin(A) = 1$ . Tato síla je potřebná pro držení vozíku v dané poloze, když je vedení vertikálně.

$$F_{x\_stat} = (m_{load} + m_{carriage}) * g * \sin(A) \quad (14)$$

Výpočet:

Pro výpočet uvažuji s lineární jednotkou HT150L.

## Lineární osy HT-L



- Šířka 150 - 250 mm
- Maximální zdvih až 5,3 m
- Max. rychlost až 5 m/s

Obr. 52 Lineární osa HT-L Příloha C:

Hmotnost vozíku,  $m_{load}$  [kg]: 28

Volím variantu s krytem a motorem A13.

Tab. 17 Parametry osy

Table 9.6 Mechanical properties				
	Variant without cover		Variant with cover	
	Motor size A12	Motor size A13	Motor size A12	Motor size A13
Carriage mass [kg]	3.87	5.55	4.30	5.98
Mass at 0 stroke [kg]	9.32	12.33	11.13	14.17
Mass per 1 m stroke [kg/m]	13.31		13.59	
Displacement force carriage $F_i$ [N]	1.2		1.7	

Hmotnost montážní desky,  $m_{carriage}$  [kg]: 5,98

Zrychlení,  $a$  [ $m/s^2$ ]: 0,2

$$F_{x_{dyn}} = (m_{load} + m_{carriage}) * a = (28 + 5,98) * 0,2 = 6,796 \text{ N} \quad (15)$$

$$F_{x_{stat}} = (m_{load} + m_{carriage}) * g * \sin(A) = (28 + 5,98) * 9.8 * 1 = 333 \text{ N} \quad (16)$$

$$F_i = 1,7 \text{ N}$$

$$F_v = F_{x_{dyn}} + F_{x_{stat}} + F_i = 6,796 + 333 + 1,7 = 341,5 \text{ N} \quad (17)$$

Pro tuto sílu by měla vybraná jednotka HT150L splňovat požadavky. Volím silnější variantu s motorem A13. Společnost HIWIN nabízí konfiguraci celé jednotky včetně stažení 3D modelu finální verze.

Table 9.2 Load data		
	Motor size A12	Motor size A13
$F_{y\text{dynmax}}^{1)}$ [N]	3,350	3,350
$F_{z\text{dynmax}}^{1)}$ [N]	4,270	3,789
$M_{x\text{dynmax}}$ [Nm]	201	178
$M_{y\text{dynmax}}$ [Nm]	414	555
$M_{z\text{dynmax}}$ [Nm]	325	491
$z^{2)}$ [mm]	51.5	51.5

<sup>1)</sup> Force may act only without torque

<sup>2)</sup> Upper carriage edge to guiding centre

See Section 3.3.3 on Page 14 (reference service life)

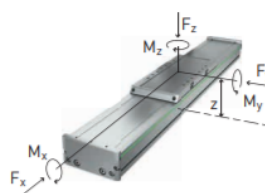


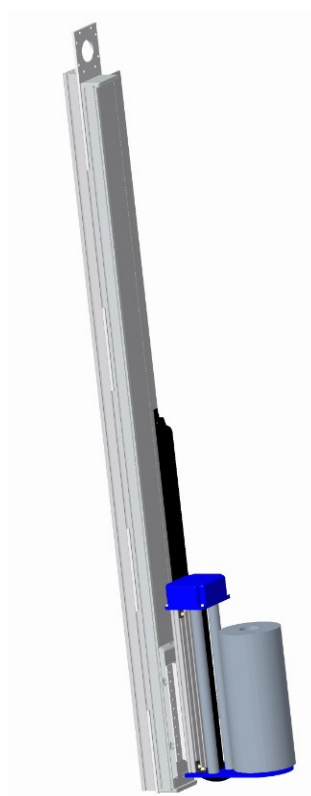
Table 9.3 General technical data	
Repeatability [mm] <sup>2)</sup>	± 0.005
Max speed [m/s]	5
Max acceleration [m/s <sup>2</sup> ]	50
Typical load capacity [kg]	80
Max total length [mm] <sup>2) 3)</sup>	5,930
Flatness (mm/300 mm) <sup>1)</sup>	± 0.03
Straightness (mm/300 mm) <sup>1)</sup>	± 0.03
Area moment of inertia of profile cross-section $I_x$ [mm <sup>4</sup> ]	907,754
Area moment of inertia of profile cross-section $I_y$ [mm <sup>4</sup> ]	7,417,610

Table 9.4 Guiding	
Guiding type	QEH15CA
Static load rating $C_0$ [N]	15,280
Dynamic load rating $C_{dyn}$ [N]	12,530

Table 9.5 Drive		
	Motor size A12	Motor size A13
Motor type	LMSA12	LMSA13
Continuous force [N]	205	308
Peak force [N]	579	868

Obr. 53 Parametry vedení

Tato lineární jednotka je pomocí šroubu a desek připevněna na hliníkový profil 80x80 mm. Na vedení je pomocí příruby přišroubován vozík. Celé vedení je pomocí úhlových vzpěr a desky přimontováno na dutý profil 160x160 a tvoří tak dostatečně tuhou konstrukci.

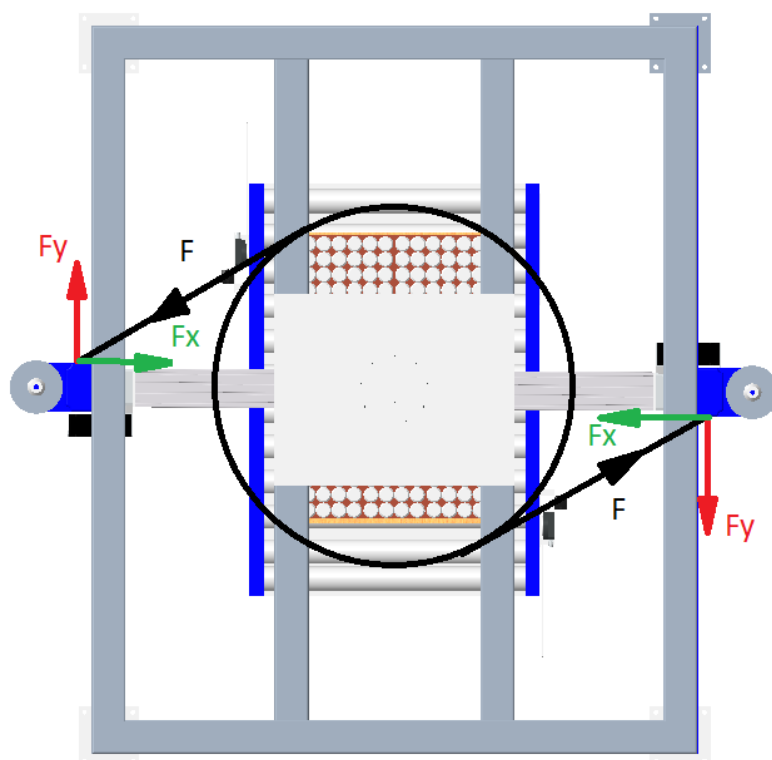


Obr. 54 Vedení

## 6.4 Návrh pohonné jednotky pro rotor

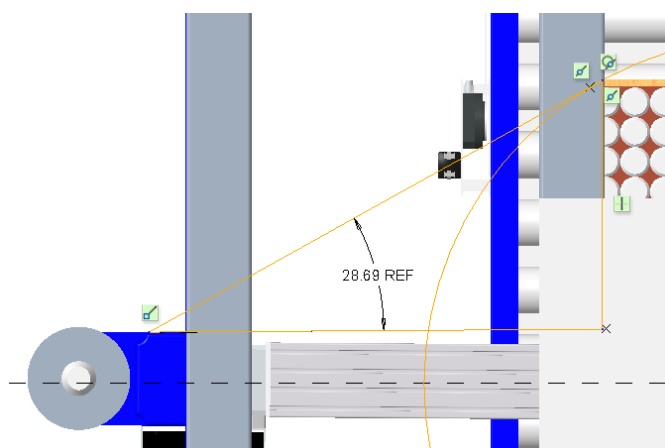
Maximální rychlost otáčení u konkurenčních strojů je okolo 20 ot/min, což odpovídá třem sekundám na otáčku. Rozběh a brzdění musí být plynulé.

Rotor je taky brzděn silou 64 N, potřebnou pro předepnutí fólie. Ta působí tečně na kružnici opsané okolo palety. Na obrázku, Obr. 55, je stroj vyobrazen v poloze, kdy na rotor působí největší brzdná síla.



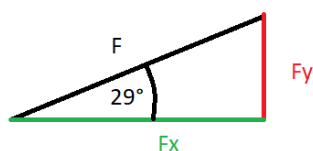
Obr. 55 Brzdná síla

V této situaci je síla  $F_y$  brzdící rotor největší a pohonná jednotka bude dimenzována na tuto sílu. Na Obr. 56 je pak odměřen úhel potřebný pro výpočet brzdné síly  $F_y$ .



Obr. 56 Rozměry

Brzdná síla způsobená odvíjením fólie s předepnutím  $F_y$  se pak vypočte z trojúhelníku.



Obr. 57 Rozklad sil

Síla předepnutí  $F$  [N] = 64

$$F_y = \sin 29^\circ * F = \sin 29^\circ * 64 = 31 \text{ N} \quad (18)$$

A síla  $F_x$ , která namáhá rotor ohybem je pak

$$F_x = \cos 29^\circ * F = \cos 29^\circ * 64 = 56 \text{ N} \quad (19)$$

Působíště síly  $F_y$  je od osy rotace vzdálené 1.305 m a moment je pak roven

$$M_{by} = 1.305 * 31 = 40.5 \text{ Nm} \quad (20)$$

Celkový brzdňý moment je pak dvojnásobný, jelikož jsou na rotoru použity dva vozíky s fólií.

$$M_b = M_{by} * 2 = 40.5 * 2 = 81 \text{ Nm} \quad (21)$$

Dobu rozběhu a brždění volím  $t$  [s] = 4

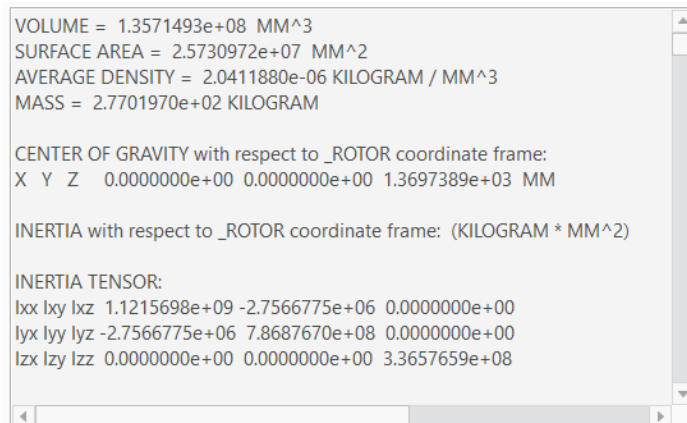
Otáčky  $n$  [ot/sec] = 0,33

Úhlové zrychlení:

$$\varepsilon = \frac{\omega}{t} = \frac{2 * \pi * n}{t} = \frac{2 * \pi * 0,33}{4} = 0.52 \text{ s}^{-2} \quad (22)$$



Pro výpočet potřebného momentu je potřeba znát moment setrvačnosti rotoru v ose Z. Tyto parametry byly vytaženy ze systému Creo.



Obr. 58 Parametry rotoru

Rotor je vyvážený a jeho těžiště je posunuté jen v osy Z, kolem které se otáčí. Moment setrvačnosti k této ose je  $336.57 \text{ Kg} \cdot \text{m}^2$ . Při otáčení je rotor brzděn brzdícím momentem  $M_b$ , který je vyvozen odvíjením fólie s předeputím.

Kroutící moment pro otáčení polohovadla:

$$J_c [\text{Kg} \cdot \text{m}^2] = 336.57$$

$$\varepsilon [\text{s}^{-2}] = 0.52$$

$$M_b [\text{Nm}] = 81$$

$$M = J_c * \varepsilon + M_b = 336.57 * 0.52 + 81 = 256 \text{ Nm} \quad (23)$$

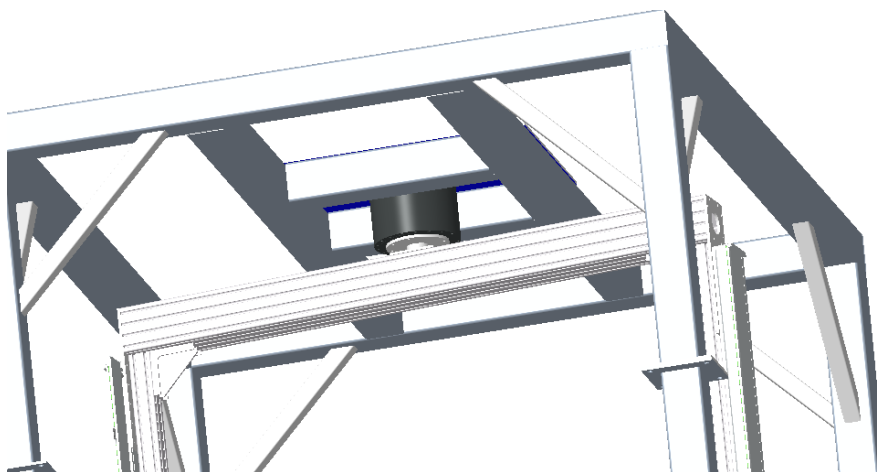
Pro pohon rotoru volím rotační pohonnou jednotku TMS7C od firmy HIWIN, viz [26]. Tato jednotka nabízí dostatečný kroutící moment, jednoduchou integraci a dostatečně tuhou konstrukci.



Obr. 59 Rotační osa [26]

Tab. 18 Parametry osy

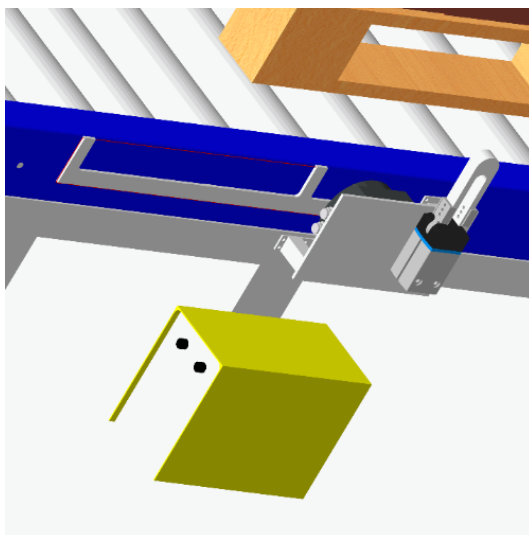
	Symbol	Jednotka	TMS74	TMS76L	TMS7C
Technická data rotační osy					
Špičkový moment (po dobu 1 sec.)	$T_p$	Nm	150		450
Trvalý moment	$T_c$	Nm	50		150
Klidový moment	$T_s$	Nm	35		105
Moment setrvačnosti rotační části	$J$	kgm <sup>2</sup>	0.152		0.241
Hmotnost	$M_n$	kg	39		61.5
Max. axiální zatížení	$F_a$	N	8,000		
Max. radiální zatížení	$F_r$	N	6,500		
Max. moment zvratu	$M_k$	Nm	360		
Jmenovité otáčky (při 400 VAC, 30 % duty cycle)	$n$	1/min	290	400	80
Přesnost		arc sec	$\pm 25/\pm 10^{11}$		
Opakovatelnost		arc sec	$\pm 2.5$		
Obvodové házení		mm	0.05		
Čelní házení		mm	0.05 (volitelně 0,01)		
Výška	$H$	mm	160		240
Třída ochrany			IP40 (volitelně IP65)		



Obr. 60 Uchycení rotoru

## 6.5 Mechanismus uchopení a řezání fólie

Po ukončení balení je potřeba fólii opět zachytit a uřezat tak, aby byla připravena pro příjezd další palety. K tomuto účelu je k dopravníku připevněno zařízení s pneumatickými radiálními čelistmi a rotačním řezákem který pomocí žhavého drátu fólii přeráže. Čelisti využívají pneumatický mechanismus DHRS velikosti 40 od firmy Festo, viz [27].



Obr. 61 Chapadlo [27]

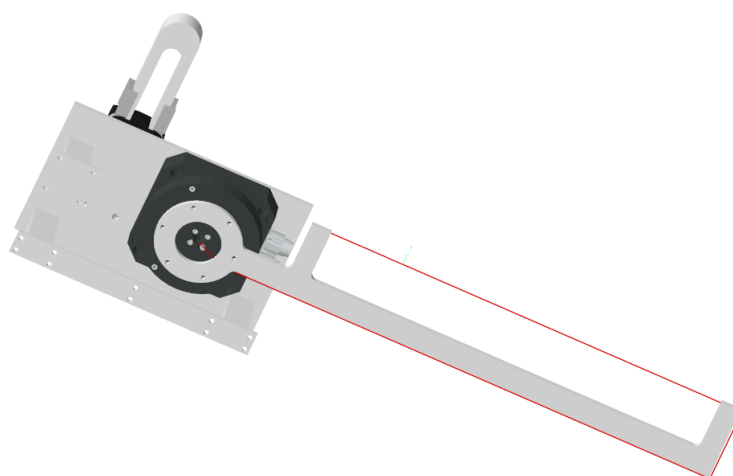
Pro rotaci řezáku je použita rotační polohovací jednotka od firmy HIWIN, viz [28]. Byl vybrán model TMN42E. Tato osa zajišťuje dostatečný moment, snadno se řídí a integruje.

Označení	$T_p$ [Nm]	$T_c$ [Nm]	$I_p$ [A]	$I_c$ [A]	Vnější průměr [mm]	Výška [mm]	Váha [kg]	3D (STP)
TMN42E	4,2	1,4	4,5	1,5	118	45	2	
TMN71E	11,1	3,7	10,2	3,4	179	50	3,5	
TMN93E	39,6	13,2	10,2	3,4	230	55	7,5	

Obr. 62 Parametry osy



Obr. 63 Rotační osa [28]



Obr. 64 Rotace řezáku

Řezání fólie je realizováno pomocí odporového drátu a transformátoru. Drát je protažen dírami v držáku a připojen na transformátor. Při průchodu proudu skrz drát se vlivem vysokého odporu zahřeje a je tak schopný fólii uřezat.



Obr. 65 Trafo [29]

**Technická specifikace:**

*Model: Origin (výroba ROBEX DK, s.r.o.®)*

*Typ: profi regulovaný inverterový zdroj*

*Hmotnost: cca. 6.3 Kg*

*Rozměry (d x š x v): 275 x 135 x 205 mm*

*Napájecí napětí: AC 230 V, 50/60 Hz*

*Jištění: 16A*

*Krytí: IP23*

*Výkon: pro žhavení drátu 0.8K v délce od 500 do 2500 mm*

*Zatížitelnost: 100% při 4 A až 80A, 60% při 100A (krátkodobě 150A max.)*

*Výbava: tlačítko On & Off, kontrolka zapnutí a přetížení, autom. termostat, regulace, ventilátor pro dochlazování zdroje, speciální konektory pro připojení nízkonapěťových vodičů.*

*Vnější plášť: odolný kovový box*

*Certifikace: prohlášení o shodě CE*

Obr. 66 Parametry Trafa



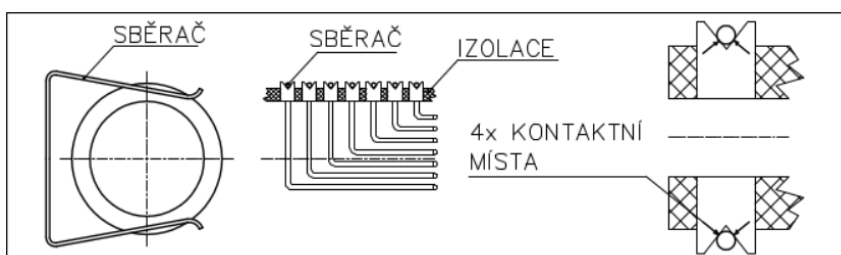
Obr. 67 Odporový drát [30]

Tab. 19 Parametry drátu

Technické parametry		<a href="#">Porovnat s jiným výrobkem</a>
hodnota odporu	5.65 $\Omega$ /m	
Průměr vodiče	0.5 mm	
Vnější délka	10 m	
Splňuje RoHS	Ano	
Množství	10 m	
Typ (výrobce)	421201	
Kategorie produktu	Odporový drát (konstantan)	

## 6.6 Kabeláž

Pro zajištění napájení vozíku a lineární jednotky pro nekonečný počet otáček rotoru je potřeba použít sběrací kroužky. Tyto kroužky umožňují přenos energie a dat při otáčení pomocí prstence a kartáčů.



Obr. 68 Princip sběracích kroužků

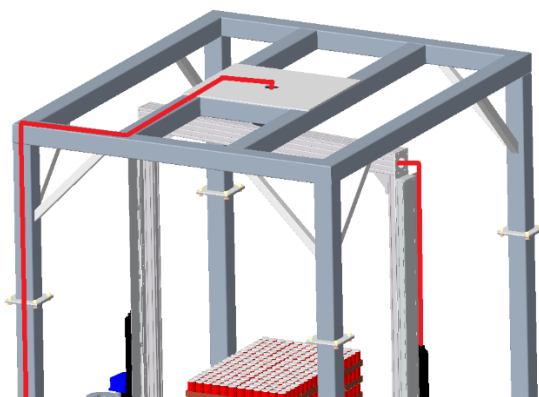
Byl zvolen typ s plnou hřídelí, který se díky svým rozměrům vejde do otvoru v pohonné jednotce rotoru. Viz. [34]



Model	N1 x Počet kroužků	Ampérů na kroužek [A]	N2 x Počet kroužků	Ampérů na kroužek [A]	Celkový počet spojení	Celkově Ampér [A]	Vnější průměr [mm]	Vnitřní průměr [mm]	Délka [mm]	Skladem v ČR	Poptávka	Datový list
KS12-18x2A	18	2			18	36	12	0	23	ano		

Obr. 69 Sběrací kroužek [34]

Kabeláž je vedena po noze rámu nahoru a následně skrze otvor dovnitř profilu až k vozíku, viz. Obr. 70.



Obr. 70 Vedení kabeláže

Ostatní komponenty jako jsou senzory a zdroj proudu pro odporový drát jsou napojeny přímo do řídicí skříně stroje.

## 6.7 Sensory a bezpečnost

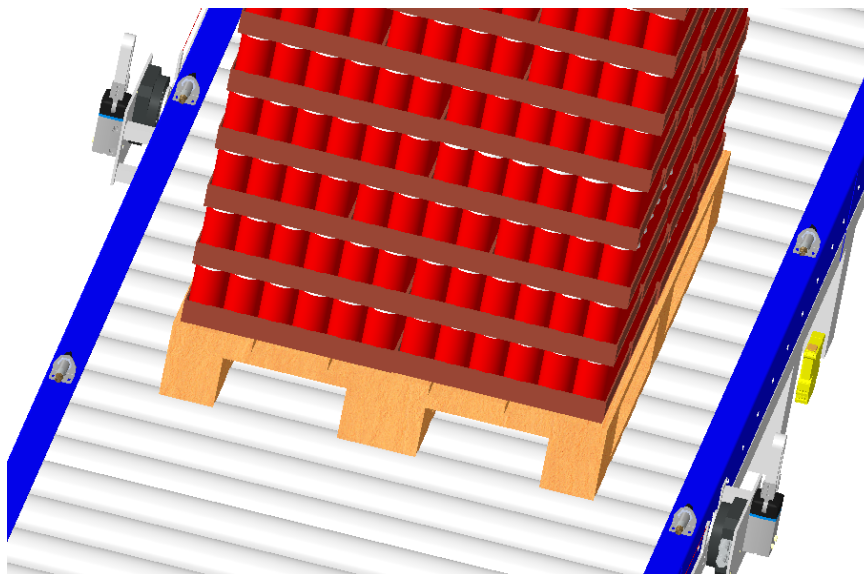
Je potřeba znát polohu rotoru a baleného produktu a taky zajistit bezpečnost proti vniknutí osob do prostoru balení během práce stroje.

### 6.7.1 Sensory pro polohu baleného produktu

Pro zajištění bezchybného balení je potřeba znát polohu baleného produktu. To zajišťuje dvojice jednopaprskových světelných závor od firmy SICK, viz. [36]. Dvojice je umístěna na dopravníku proti sobě a tvoří ji vysílač a přijímač. Sensory jsou umístěny tak aby byly schopny detekovat příjezd, polohu pro balení a odjezd palety. Paleta se zastaví v poloze pro balení, když oba senzory detekují nulový signál.



Obr. 71 Jednopaprskové světelné závory [36]



Obr. 72 Laserové sensory

Tyto sensory jsou přes bezpečnostní relé připojeny k hlavní ovládacímu panelu. Relé dodává rovněž firma SICK, viz. [35]



Obr. 73 Bezpečnostní relé [35]

### 6.7.2 Poloha rotoru

Polohu rotoru je možné snímat přímo z polohovací jednotky díky integrovanému rotačnímu snímači.

### 3. HIWIN rotační osy TMS

#### 3.1 Vlastnosti rotačních os TMS

TMS rotační osy jsou přímo poháněné a proto se obejdou bez převodového mechanismu. Extrémně tuhé spojení motoru a zátěže spojené s vysoce kvalitním servořízením zajišťují výbornou odolnost proti přetížení a dobrou rovnoměrnost pohybu. Díky konstrukci s dutým hřídelem, jsou rotační osy TMS zvláště vhodné pro aplikace v oblasti automatizace. Tato konstrukce umožňuje jednoduchý průchod medií, kabeláže nebo dalších mechanických zařízení.

#### Klíčové vlastnosti:

- Bez vůle a s vysokou dynamikou
- Bezkartáčové a vysoký točivý moment
- Integrovaný optický rotační snímač

#### Typické aplikace:

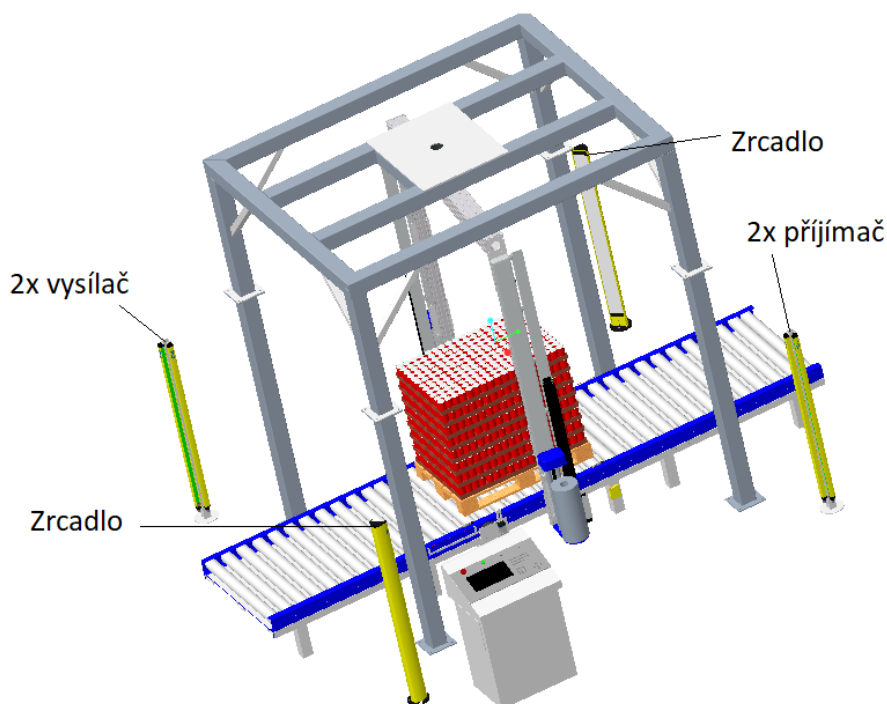
- Automatizační technologie
- "Pick-and-place" stroje



Obr. 74 Popis osy

### 6.7.3 Světelné závory proti vniknutí osob

Je potřeba zajistit bezpečnost proti vniknutí osob během balení produktu. K tomu slouží takzvané světelné závěsy. Byly použity dva páry sensorů v kombinaci s dvěma zrcadlovými sloupky a tvoří tak neviditelný plot kolem celého stroje.



Obr. 75 Rozmístění světelných zábran

Použité závory jsou od firmy SICK, viz. [37]. Mají dosah až 21 metrů a výšku ochranného pole 1,5 m. Dle výšky pole byl vybrán zrcadlový sloupek od stejné firmy, viz. [38]

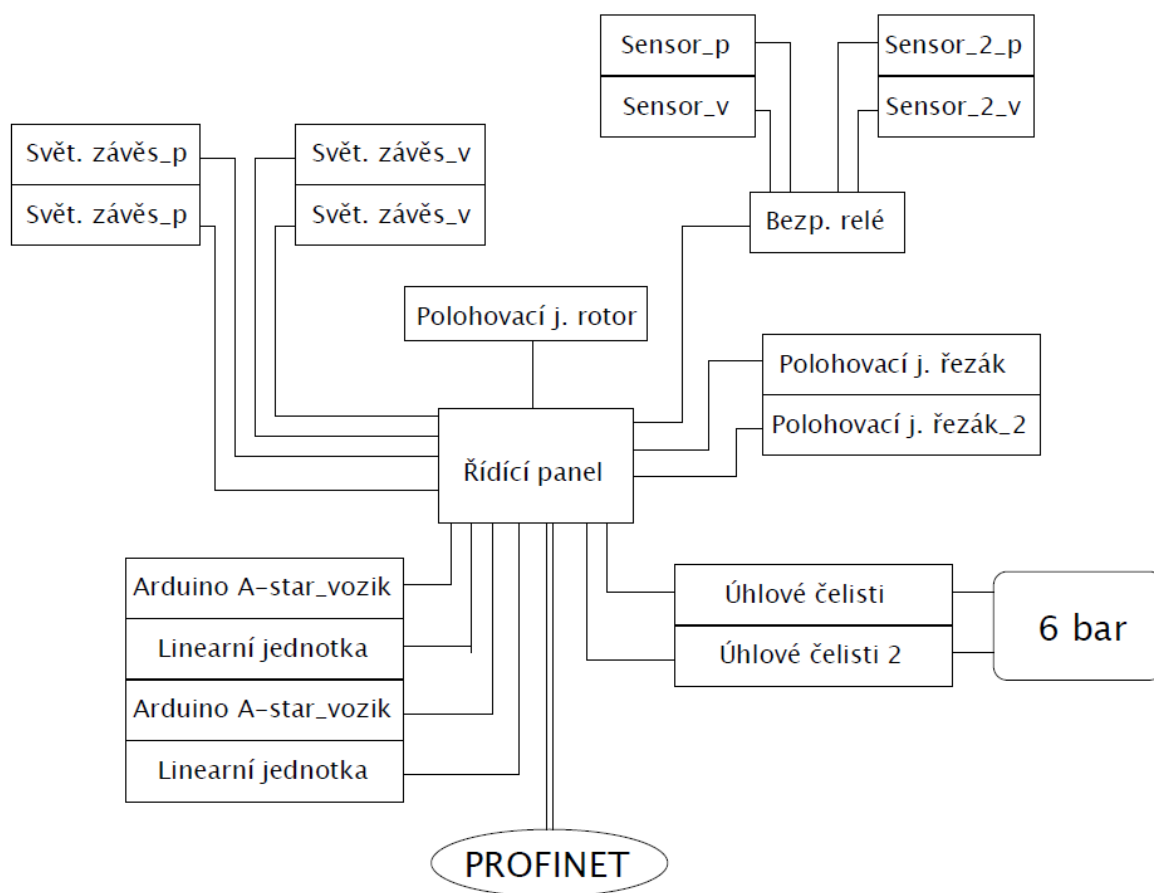




Obr. 76 Bezpečnostní světelné závěsy a zrcadlo [37], [38]

## 6.8 Blokové schéma zapojení

Bylo vytvořeno zjednodušené blokové schéma zapojení komponent přístroje.



Obr. 77 Zjednodušené schéma zapojení

## 7 Pevnostní analýzy

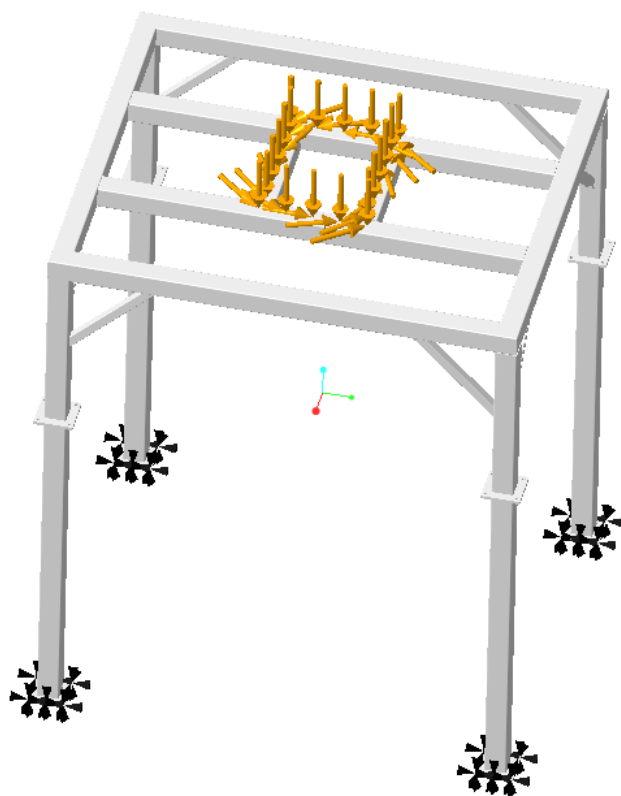
Byly vybrány dvě kritické součásti, které byly podrobeny pevnostní analýze v systému Creo Parametric.

### 7.1 Rám

Tato součást nese veškerou zátěž a působí na ní statické i dynamické síly. Je potřeba, aby byl rám dostatečně tuhý a nedocházelo k výrazným průhybům.

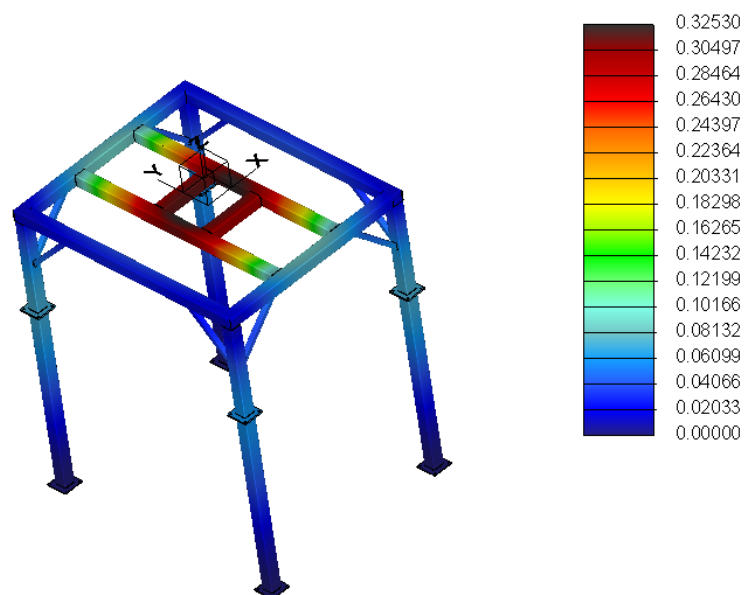
Při jeho analýze bylo bráno v potaz statické zatížení váhou rotoru, zatížení brzdovým momentem způsobeným odvíjením fólie s předepnutím a momentem setrvačnosti rotoru při roztáčení.

Na obrázku je vidět působení sil a momentu. Byly vytvořeny povrchové regiony, které simulují kontakt mezi rámem a montážní deskou příruby. Na nich je definován moment a síla, viz, Obr. 78.



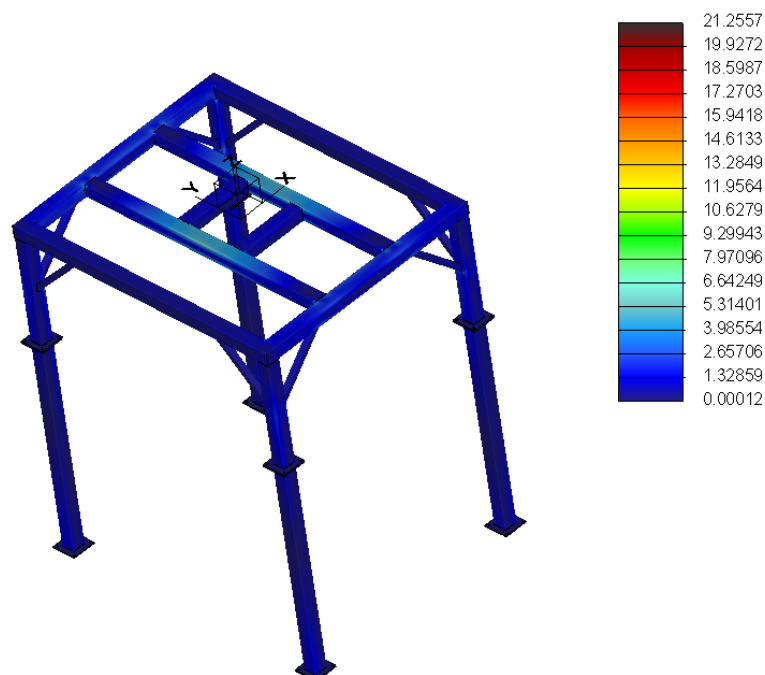
Obr. 78 Definice síly a momentu

Při zatížení silou vyvozenou váhou rotoru a momentem potřebným pro rozjezd rotoru se střední část rámu prohne o 0,32 milimetru, což je přijatelná hodnota. Pro případné zvýšení tuhosti by se do konstrukce daly snadno přidat další dva profily ve směru osy x, viz, Obr. 79



Obr. 79 Posunutí mm

Napětí je pak v nehorším případě rovno 21 MPA, což je taky přijatelná hodnota. Toto napětí navíc vzniká ve vrubech způsobených spojením konstrukce pomocí funkce „merge“ a zanedbání materiálu svarů, viz, Obr. 80

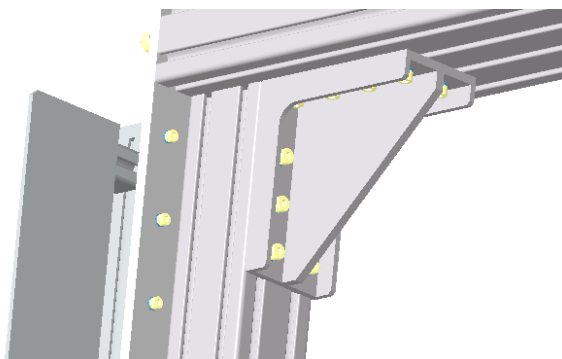


Obr. 80 Napětí MPA

## 7.2 Úhlová vzpěra

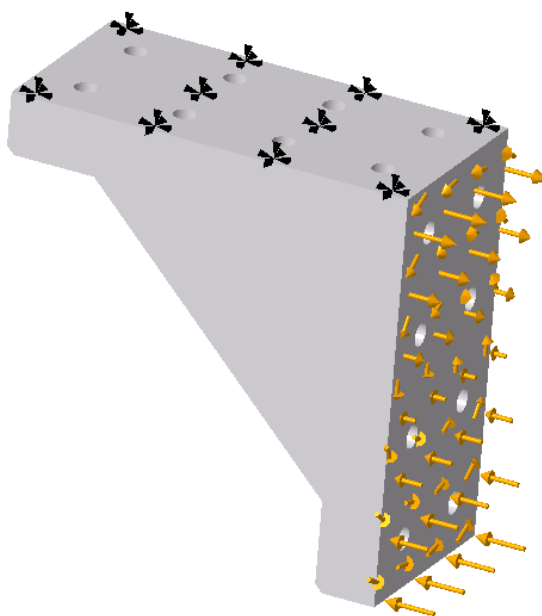
Jako další součást podrobená pevnostní analýze je úhlová vzpěra, která drží rotor, viz, Obr. 81. Je namáhána momentem vyvozeným odvíjením fólie s předepnutím. Analýza vychází

z výpočtu brzdného momentu působícího na rotor, viz, Obr. 55. Kdy síly  $F_x$  a  $F_y$  vyvozují moment působící na vzpěru. Pro zjednodušení a zrychlení výpočtu byla vzpěra analyzována jako samostatná součást a momenty na ní působící byly vypočteny.



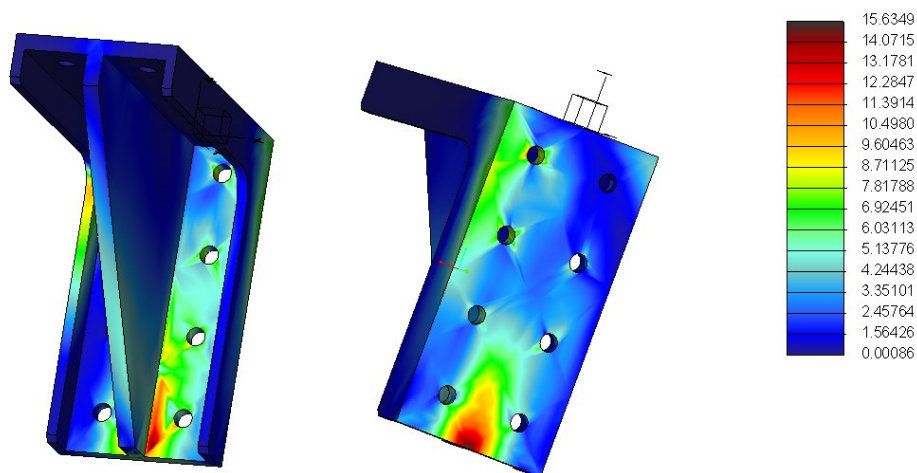
Obr. 81 Úhlová vzpěra

Na Obr. 82 je vidět definice zatížení. Jedná se kombinaci dvou klopných momentů od síly  $F_x$  a  $F_y$  působících na rameni rotoru.



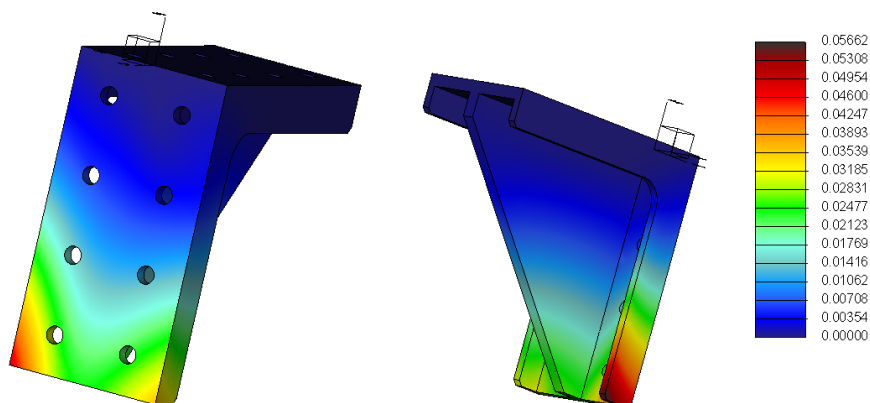
Obr. 82 Definice zatížení

Maximální vzniklé napětí je 15,6 MPa, což vzpěra bez problému zvládne.



Obr. 83 Napětí MPa

Posunutí je pak rovno 0,056 mm, viz, Obr. 84 . Toto posunutí je zanedbatelné a vzpěra by měla zaručit dostatečně tuhou konstrukci.



Obr. 84 Posunutí mm

## 8 Závěr

Cílem práce bylo navrhnout zařízení pro automatické ovíjení europalet s baleními plechovek. Návrh vychází z vypracované analýzy trhu s těmito stroji, legislativy pro přepravu nákladu v EU a vlastností obalových materiálů. Na základě analýzy byly vypracovány tři varianty řešení daného problému. Každá navržená varianta byla založena na jiném principu s cílem zvýšit produktivitu a nabídnout lepší možnosti než komerčně dostupné stroje.

Varianty byly podrobeny vícekritériální analýze, která byla z důvodu nejasného výsledku provedena i kolegou. V obou případech vyhrála varianta číslo 2 a byla tedy detailně rozpracována.

Vítěznou variantou je konstrukce s rotorem umístěným na rámu přímo nad dopravníkem, po kterém jezdí palety s produktem. Výhodou této konstrukce je použití dvou vozíků, ze kterých se odvíjí fólie najednou, což přináší zvýšení produktivity a při balení dochází k lepší fixaci produktu a umožňuje tak balit i sypké nebo lehké produkty. Konstrukce rotoru je sestavena z hliníkových stavebnicových systému a díky tomu se dá úplně rozložit. Byly použity pohybové jednotky, které vynikají svou jednoduchou instalací, dobrým výkonem a snadným ovládáním. Bezpečnost zajišťují světelné závěsy, které nejsou tolik prostorově náročné jako oplocení.

Dále pak bylo vytvořeno zjednodušené schéma zapojení komponent stroje, z kterého je patrné jeho napojení na komunikační sběrnici PROFINET.

Na závěr byly provedeny pevnostní analýzy vybraných dílů. Veškeré navrhované díly jsou dostatečně dimenzovány na vzniklé napětí a tvoří tak dostatečně tuhou konstrukci.

Do budoucna by mohlo být přínosné přepracování rámu ze svařované ocelové konstrukce na konstrukci tvořenou hliníkovými stavebnicovými profily. Tohle řešení by pak umožnilo kompletní rozložení stroje a výrazně snížilo náklady na přepravu.

## Seznam použité literatury

- [1] MASTERPLAT PLUS FRD | Unipack.cz. Unipack - Páskovací a balicí systémy, Výrobce vázací pásy [online]. Copyright © [cit. 04.11.2019]. Dostupné z: <https://www.unipack.cz/masterplat-plus-frd>
- [2] Ovinovací stroj SAVING MACHINE TP | Technopack. BALICÍ STROJE, OBALY | Technopack [online]. Copyright © 2019 Technopack, s.r.o. [cit. 04.11.2019]. Dostupné z: <https://www.technopack.cz/balici-stroje/ovinovaci-stroje/ovinovaci-stroj-saving-machine-tp/>
- [3] Top press automatic pallet stretch wrapping machine. Sumda Packaging Equipment Co.,Ltd. - Stretch wrapper, strapping machine, vacuum sealer, case sealer, shrinking wrapping machine china manufacturer supplier [online]. Dostupné z: [http://sumdapack.com/html\\_products/1650F-CS-Top-Plate-Pallet-Wrap-Machine-54.html](http://sumdapack.com/html_products/1650F-CS-Top-Plate-Pallet-Wrap-Machine-54.html)
- [4] 500 Internal Server Error. [online]. Dostupné z: <https://www.xupack-tech.com/portfolio-items/yk2000fhz-pl/>
- [5] 500 Internal Server Error. [online]. Dostupné z: <https://www.xupack-tech.com/portfolio-items/yk2000fz-pl-dm/>
- [6] Automatická ovíjecí linka TECHNOPLAT 2000 PDS | Unipack.cz. Unipack - Páskovací a balicí systémy, Výrobce vázací pásy [online]. Copyright © [cit. 04.11.2019]. Dostupné z: <https://www.unipack.cz/automaticka-ovijeci-linka-technoplat-2000-pds>
- [7] Ovíjecí robot MASTER PLUS M80 FRD | Unipack.cz. Unipack - Páskovací a balicí systémy, Výrobce vázací pásy [online]. Copyright © [cit. 04.11.2019]. Dostupné z: <https://www.unipack.cz/ovijeci-robot-master-m80-frd-kopie-cz>
- [8] Semi Auto Rotating Arm Stretch Wrapping Machine - DURAPAK, #236, 3rd Main Road, Burma Colony, Perungudi, , Chennai, India. Indian Suppliers, Directory of Suppliers, Suppliers Directory - eSuppliersIndia [online]. Copyright © 2009 [cit. 04.11.2019]. Dostupné z: <http://www.esuppliersindia.com/durapak/semi-auto-rotating-arm-stretch-wrapping-machine-pr3552650-sCATALOG-swf.html>
- [9] Ovinovací stroj ROTARY-W FR | Unipack.cz. Unipack - Páskovací a balicí systémy, Výrobce vázací pásy [online]. Copyright © [cit. 04.11.2019]. Dostupné z: <https://www.unipack.cz/ovinovaci-stroj-rotary-w-fr>
- [10] Automatické ovíjení palet s ovinovacím systémem HELIX 1 | Unipack.cz. Unipack - Páskovací a balicí systémy, Výrobce vázací pásy [online]. Copyright © [cit. 04.11.2019]. Dostupné z: <https://www.unipack.cz/automaticke-ovijeni-palet-s-ovinovacim-systemem-helix-1>
- [11] Rotating Arm Type For Heavy & Unstable Load, ALPHA-WA - 嘉音股份有限公司. Strapping Machine, Strapping Machine Manufacturer, Auto strapping Machine

- Manufacturer, Wrapping Machine Manufacturer and Pallet stretch wrapping Manufacturer in Taiwan/ China manufacturer - Jia-In Industry Co., Ltd. [online]. Copyright © 2012 Web Builder Inc. All rights reserved. [cit. 04.11.2019]. Dostupné z: <https://www.joinpack.com/en/product-258281/Rotating-Arm-Type-For-Heavy-Unstable-Load-ALPHA-WA.html>
- [12] Ovinování palet HELIX 3 | Unipack.cz. Unipack - Páskovací a balicí systémy, Výrobce vázací pásy [online]. Copyright © [cit. 04.11.2019]. Dostupné z: <https://www.unipack.cz/ovinovani-palet-helix-3>
- [13] "C" Series Stretch Wrappers | Muller LCS. Muller LCS | Stretch Hood Equipment | Muller Load Containment [online]. Dostupné z: <https://www.mullerlcs.com/stretch-wrappers/models/octopus/c-series-stretch-wrapper>
- [14] Ovinovací systém GENESIS HS 50/2 | Unipack.cz. Unipack - Páskovací a balicí systémy, Výrobce vázací pásy [online]. Copyright © [cit. 04.11.2019]. Dostupné z: <https://www.unipack.cz/ovinovaci-system-genesis-hs-50-2>
- [15] Strojní stretch folie 500 mm, 15 µm, 250 % | Unipack.cz. Unipack - Páskovací a balicí systémy, Výrobce vázací pásy [online]. Copyright © [cit. 04.11.2019]. Dostupné z: <https://www.unipack.cz/strojni-stretch-folie-500-mm-15-m-250>
- [16] Coca Cola Can 330 ml (Pack of 24): Amazon.co.uk: Grocery. Amazon.co.uk: Low Prices in Electronics, Books, Sports Equipment & more [online]. Copyright © 1996 [cit. 04.03.2020]. Dostupné z: <https://www.amazon.co.uk/Coca-Cola-Can-330-Pack/dp/B0051GNHJ4>
- [17] Theses.cz – Vysokoškolské kvalifikační práce [online]. Copyright © [cit. 04.03.2020]. Dostupné z: [https://theses.cz/id/6dhbc8/downloadPraceContent\\_adipIdno\\_15541](https://theses.cz/id/6dhbc8/downloadPraceContent_adipIdno_15541)
- [18] CAN-PACK SA . CAN-PACK SA [online]. Dostupné z: [http://www.canpack.eu/?page\\_id=99](http://www.canpack.eu/?page_id=99)
- [19] Legero Group – Loading Meter (LDM) Definition. Legero Group [online]. Copyright © 2020 Legero Group [cit. 04.03.2020]. Dostupné z: <https://www.legerogroup.com/tools-extras/loading-meter-ldm-definition/>
- [20] Detaily produktu | item Industrietechnik GmbH. Shop | item Industrietechnik GmbH [online]. Copyright © item Industrietechnik GmbH 2020 [cit. 06.04.2020]. Dostupné z: <https://cz-product.item24.com/cs/detaily-produktu/products/construction-profiles-6-1001042790/profile-6-120x30-light-natural-41908/>
- [21] Dopravníkové válečky - jvmmetal.cz. Dopravníkové systémy a robotizace - jvmmetal.cz [online]. Copyright © JVMmetal [cit. 06.04.2020]. Dostupné z: <https://jvmmetal.cz/dopravnikove-valecky/>
- [22] SKF. [online]. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/super-precision-bearings/angular-contact-ball-bearings/productid-71901%20ACE%20FP4A>



- 
- [23] Arduino rotační enkodér | arduino-shop.cz. Arduino-shop.cz: VELKOOBCHOD, MALOOBCHOD S ARDUINEM [online]. Copyright © Copyright ECLIPSERA s.r.o. [cit. 06.04.2020]. Dostupné z: [https://arduino-shop.cz/arduino/837-arduino-rotacni-enkoder.html?gclid=EAIaIQobChMI49DOx8vR6AIVFuh3Ch25iwDvEAQYAYABEgJz2PD\\_BwE](https://arduino-shop.cz/arduino/837-arduino-rotacni-enkoder.html?gclid=EAIaIQobChMI49DOx8vR6AIVFuh3Ch25iwDvEAQYAYABEgJz2PD_BwE)
- [24] Pololu - A-Star 32U4 Prime SV microSD. Pololu Robotics and Electronics [online]. Copyright © 2001 [cit. 06.04.2020]. Dostupné z: <https://www.pololu.com/product/3114/resources>
- [25] Golpretech [online]. Copyright © [cit. 09.04.2020]. Dostupné z: <https://www.golpretech.cz/uploaded-files/Re-Elektromagneticke-brzdy.pdf>
- [26] [online]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/rotacni-osy/267\\_rotacni-osa-tms](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/rotacni-osy/267_rotacni-osa-tms)
- [27] [https://www.festo.com/cat/cs\\_cz/data/doc\\_cs/PDF/CZ/DHRS\\_CZ.PDF](https://www.festo.com/cat/cs_cz/data/doc_cs/PDF/CZ/DHRS_CZ.PDF)
- [28] [online]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/cz/produkty/rotacni-osy/270\\_rotacni-osa-tmn](https://www.hiwin.cz/cz/produkty/rotacni-osy/270_rotacni-osa-tmn)
- [29] <https://www.robex-dk.cz/index.php?category=9&subcategory=74&product=990>
- [30] Odporový drát Isachrom 60 | Conrad.cz. Conrad Electronic - velkoobchod s moderní elektronikou a technikou [online]. Copyright © [cit. 02.05.2020]. Dostupné z: [https://velkoobchod.conrad.cz/odporovy-drat-isachrom-60.k421201?gclid=EAIaIQobChMIoq\\_5\\_GU6QIVyeeaCh3QHAo5EAKYBCABEgI8hvD\\_BwE](https://velkoobchod.conrad.cz/odporovy-drat-isachrom-60.k421201?gclid=EAIaIQobChMIoq_5_GU6QIVyeeaCh3QHAo5EAKYBCABEgI8hvD_BwE)
- [31] Productdetails | item Industrietechnik GmbH. Shop | item Industrietechnik GmbH [online]. Copyright © item Industrietechnik GmbH 2020 [cit. 08.05.2020]. Dostupné z: <https://product.item24.de/en/products/product-catalogue/productdetails/products/construction-profiles-8-1001042794/profile-8-160x160-natural-41108/>
- [32] Productdetails | item Industrietechnik GmbH. Shop | item Industrietechnik GmbH [online]. Copyright © item Industrietechnik GmbH 2020 [cit. 08.05.2020]. Dostupné z: <https://product.item24.de/en/products/product-catalogue/productdetails/products/construction-profiles-8-1001042794/profile-8-80x80-e-natural-7000029/>
- [33] Productdetails | item Industrietechnik GmbH. Shop | item Industrietechnik GmbH [online]. Copyright © item Industrietechnik GmbH 2020 [cit. 08.05.2020]. Dostupné z: <https://product.item24.de/en/products/product-catalogue/productdetails/products/angle-bracket-al-and-st-1001046551/angle-bracket-8-160x160-st-m8-white-aluminium-similar-to-ral-9006-47521/>
- [34] Sberaci Krouzky Rotacni Vazba - ServoDrive . Index - ServoDrive [online]. Dostupné z: [https://www.servo-drive.cz/sberaci\\_krouzky\\_rotacni\\_vazba.php](https://www.servo-drive.cz/sberaci_krouzky_rotacni_vazba.php)
-

- [35] UE401-A0010 | sens Control - bezpečnostní řídicí systémy | SICK . 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2020 SICK AG [cit. 08.05.2020]. Dostupné z: [https://www.sick.com/cz/cs/sens-control-bezpecnostni-ridici-systemy/bezpecnostni-rele/ue401/ue401-a0010/p/p45745?ff\\_data=JmZmX2lkPXA0Njk5NiZmZl9tYXN0ZXJJZD1wNDY5OTYmZmZfdG10bGU9TDQwUy0yMUtBMUEsIEw0MEUtMjFLQTFBJmZmX3F1ZXJ5PSZmZl9wb3M9](https://www.sick.com/cz/cs/sens-control-bezpecnostni-ridici-systemy/bezpecnostni-rele/ue401/ue401-a0010/p/p45745?ff_data=JmZmX2lkPXA0Njk5NiZmZl9tYXN0ZXJJZD1wNDY5OTYmZmZfdG10bGU9TDQwUy0yMUtBMUEsIEw0MEUtMjFLQTFBJmZmX3F1ZXJ5PSZmZl9wb3M9)
- [36] L40S-11MA1A, L40E-11MA1A | Optoelektronická ochranná zařízení | SICK . 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2020 SICK AG [cit. 08.05.2020]. Dostupné z: [https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/jednopaprskove-bezpecnostni-svetelne-zavory/l4000-systems/l40s-11ma1a2c-l40e-11ma1a/p/p46994?ff\\_data=JmZmX2lkPXA0Njk5NCZmZl9tYXN0ZXJJZD1wNDY5OTQmZmZfdG10bGU9TDQwUy0xMUtBMUEsIEw0MEUtMTFNQTFBJmZmX3F1ZXJ5PSZmZl9wb3M9MSZmZl9vcmlnUG9zPTEmZmZfcGFnZT0xJmZmX3BhZ2VTaXplPTI0JmZmX29yaWdQYWdlU2l6ZT0yNCZmZl9zaW1pPTEwMC4w](https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/jednopaprskove-bezpecnostni-svetelne-zavory/l4000-systems/l40s-11ma1a2c-l40e-11ma1a/p/p46994?ff_data=JmZmX2lkPXA0Njk5NCZmZl9tYXN0ZXJJZD1wNDY5OTQmZmZfdG10bGU9TDQwUy0xMUtBMUEsIEw0MEUtMTFNQTFBJmZmX3F1ZXJ5PSZmZl9wb3M9MSZmZl9vcmlnUG9zPTEmZmZfcGFnZT0xJmZmX3BhZ2VTaXplPTI0JmZmX29yaWdQYWdlU2l6ZT0yNCZmZl9zaW1pPTEwMC4w)
- [37] C40S-S005, C40E-S138 | Optoelektronická ochranná zařízení | SICK . 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2020 SICK AG [cit. 08.05.2020]. Dostupné z: [https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/bezpecnostni-svetelne-zavesy/c4000-advanced-atex-ii-3g3d/c40s-s0052c-c40e-s138/p/p389846?ff\\_data=JmZmX2lkPXA0ODk4NDYmZmZfbWFzdGVySWQ9cDM4OTg0NiZmZl90aXRzZT1DNDBTLVMwMDUsIEM0MEUtUzEzOCZmZl9xdWVyeT0mZmZfcG9zPTQmZmZfb3JpZ1Bvcz00JmZmX3BhZ2U9MSZmZl9wYWdlU2l6ZT0yNCZmZl9vcmlnUGFnZVNpemU9MjQmZmZfc2ltaT05Ny4w](https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/bezpecnostni-svetelne-zavesy/c4000-advanced-atex-ii-3g3d/c40s-s0052c-c40e-s138/p/p389846?ff_data=JmZmX2lkPXA0ODk4NDYmZmZfbWFzdGVySWQ9cDM4OTg0NiZmZl90aXRzZT1DNDBTLVMwMDUsIEM0MEUtUzEzOCZmZl9xdWVyeT0mZmZfcG9zPTQmZmZfb3JpZ1Bvcz00JmZmX3BhZ2U9MSZmZl9wYWdlU2l6ZT0yNCZmZl9vcmlnUGFnZVNpemU9MjQmZmZfc2ltaT05Ny4w)
- [38] PM3C17-00030000 | Optoelektronická ochranná zařízení | SICK . 301 Moved Permanently [online]. Copyright © 2020 SICK AG [cit. 08.05.2020]. Dostupné z: [https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/zrcadlove-a-pristrojove-sloupky/zrcadlove-sloupky-s-prubeznym-zrcadlem/pm3c17-00030000/p/p243794?ff\\_data=JmZmX2lkPXAyNDM3OTQmZmZfbWFzdGVySWQ9cDI0Mzc5NCZmZl90aXRzZT1QTTNDMTctMDAwMzAwMDAmZmZfcXVlcnk9JmZmX3Bvcz0xJmZmX29yaWdQb3M9MSZmZl9wYWdlPTEmZmZfcGFnZVNpemU9MjQmZmZfb3JpZ1BhZ2VTaXplPTI0JmZmX3NpbWk9OTYyMA==](https://www.sick.com/cz/cs/optoelektronicka-ochranna-zarizeni/zrcadlove-a-pristrojove-sloupky/zrcadlove-sloupky-s-prubeznym-zrcadlem/pm3c17-00030000/p/p243794?ff_data=JmZmX2lkPXAyNDM3OTQmZmZfbWFzdGVySWQ9cDI0Mzc5NCZmZl90aXRzZT1QTTNDMTctMDAwMzAwMDAmZmZfcXVlcnk9JmZmX3Bvcz0xJmZmX29yaWdQb3M9MSZmZl9wYWdlPTEmZmZfcGFnZVNpemU9MjQmZmZfb3JpZ1BhZ2VTaXplPTI0JmZmX3NpbWk9OTYyMA==)

## **Přílohy**

Příloha A: 3D model

Příloha B: Výkresy

Příloha C: Katalog výrobce HIWIN